طبيعيات الجو وظواهره

صدر هذا الكتاب عام ١٩٥٦

تأليف

د. محمد جمال الدين الفندي

أستاذ الطبيعة الجوية بجامعة القاهرة

الكتاب: طبيعيات الجو وظواهره

الكاتب: د. محمد جمال الدين الفندي

الطبعة: ٢٠١٨

االناشر: وكالة الصحافة العربية (ناشرون)



٥ ش عبد المنعم سالم – الوحدة العربية – مدكور- الهرم – الجيزة

جمهورية مصر العربية



فاكس : ٣٥٨٧٨٣٧٣

E-mail: news@apatop.comhttp://www.apatop.com

دار الكتب المصرية

فهرسة إثناء النشر

الفندي ، د. محمد جمال الدين

طبيعيات الجو وظواهره / د. محمد جمال الدين الفندي

– الجيزة – وكالة الصحافة العربية.

٢٢١ ص، ١٨ سم.

الترقيم الدولى: ٨ – ٧٧٤ – ٤٤٦ – ٩٧٧ – ٩٧٨

أ – العنوان رقم الإيداع : ٩٤٦٧ / ٢٠١٨

طبيعيات الجو وظواهره





لذكرى فقيد العلم
علي مصطفى مشرفة

تمهيد

لعلي بهذا الكتاب أوفق في أن أقدم للعالم العربي مرجعًا مبسطًا في علم من العلوم الحديثة التي لها مساس كلي بحياة الشعوب ودفاعها واقتصادياتها وهو علم الأجواء (أو علم الأرصاد الجوية) ، أو كما يسميه الفرنجة علم (الميتيورولوجيا) ، لسد ذلك النقص في هذه الناحية، وليعرض نتائج آخر ما وصل إليه البحث والكشف العلمي في هذا المضمار.

ولم أقصر الفائدة على أولئك الذين لم تسبق لهم معرفة بهذا العلم أو على الأقل على أولئك الذين يبغونه كمطالعات علمية، فالكتاب مرجع مبسط في الطبيعة الجوية ذو فائدة محققة لطلبة مدارس الطيران والبحرية ونحوها من المعاهد التي تعد أولئك الذين يتوقف مدار عملهم على الطوارئ الجوية، والكتاب أيضًا مرجع لطلبة الزراعة والجغرافيا وعلوم البحار وطلبة الهندسة واللاسلكي والطب، ممن تدخل في برامج دراساتها مبادئ علم الأرصاد الجوية.

ومن أهم المسائل التي عولجت موضوعات الطاقة الشمسية وإمكانيات استخدامها والطاقة الكامنة في جو الأرض، والأمطار طبيعية

وصناعية، والغبار الجوي، والتنبؤ الجوي، ومدى الاستفادة من علم الأجواء عامة في كثير من مناحي الحياة العملية.

وكان من الطبيعي أن أضمن الكتاب بعض التفاصيل العلمية التي قد يخيل لقارئها لأول وهلة أنها صعبة الإدراك أو التتبع، إلا إني أعتقد أن من هذه التفاصيل ما أصبح في حكم المعلومات العامة عند كثير من الشعوب، كما أن أولئك الذين درجوا على استيعاب ملخصات العلوم الحديثة يسهل عليهم فهم مبادئ الطبيعة التي هي أساس كتابي هذا ما دامت قد صبت في قالب مبسط بعيداً عن المصطلحات الخاصة.

ومهما يكن من شيء فإن نصيحتي للقارئ هي نفسها تلك النصيحة التي يسديها لقرائهم بعض كتاب العلوم في مقدمات كتبهم وهي "عليك أن تعاود تلاوة ما يفوتك تتبعه من آن لآخر كلما سرت قدماً في مطالعتك، فإنه بذلك تتفتح لك المعاني ويسهل التتبع على التدريج، وهكذا تستطيع دائماً أن تترك إلى حين أي جزء يستعصي عليك".

المؤلف

محمد جمال الدين الفندي

أول مايو ١٩٥٥

الغلاف الجوي

مكونات الغلاف الجوي

يحيط بالأرض غلالة من مادة شفافة عبارة عن مجموعة من الغازات التي ليس لها طعم ولا لون ولا رائحة تعرف بالهواء، وأبسط مظاهر الهواء فوقنا أننا نستنشقه ونحس تأثيره على الأجسام عند تحركه حيث يعرف بالريح، فإن تحرك الهواء وئيدًا صار نسيمًا، ومن النسيم ما هو خفيف ومنه ما هو منعش أو معتدل كما في حالات نسيم البر والبحر، وإن هز الهواء فروع الشجر أو أثار الرمال سمي الريح شديدًا، وإن كان تحركه عنيفاً ولّد العواصف ومنها الأعاصير التي يطيح ضغطها بالمباني ويقلع الشجر.

ويتناسب الضغط (وهو القوة الواقعة على وحدة المساحات كالسنتيمتر المربع أو المتر المربع) الذي تؤثر به الرياح على المباني والمنشآت ونحوها مع مربع سرعة الريح.

وتتكون الطبقات السفلى من الغلاف الجوي (إلى ارتفاع نحو ١٠ كيلو مترات من سطح الأرض) من خليط من غازي الأوكسجين والأزوت بنسبة ٢٠,٩٥% إلى ٧٨,٠٧% من حيث الحجم على التوالي. ويمتزج معهما عدة غازات بنسب ضئيلة تكاد لا تتعدى في مجموعها الواحد في المائة من حيث الحجم، ومن هذه الغازات ما تتغير كمياتها

بتغير الزمان والمكان على الأرض، ومنها ما هو ثابت النسبة عمومًا على النحو الموضح في الجدول رقم (١).

غازات ثابتة النسبة	غازات نسبتها متغيرة
الغاز النسبة المئوية (من حيث الحجم)	الغاز النسبة المئوية (من حيث الحجم)
أزوت ٧٨.٠٧ أوكسجين ٢٠.٩٥ أرجون ٠.٩٤ كريتون أقل من ٠.٠١ أيدروجين أقل من ٠.٠٠٥ كسينون أقل من ٠.٠٠١٥ هيليوم أقل من ٠.٠٠٠٤	بخار الماء من ضئيل جدا إلى ٤ وثاني أكسيد الكربون من ٠ إلى ٠.٠٢ وأوزون حسب الحالة الجوية

جدول رقم (١) – مكونات الغلاف الجوي

وغاز الأوكسجين هو أساس الحياة على الأرض فهو عند استنشاقه يجدد نقاء الدم في الكائنات الحية ويكسبها القدرة على العمل، وهو يخرج مع هواء الزفير على حالة غاز ثاني أكسيد الكربون، كما أنه أيضاً يدخل في جميع عمليات الاحتراق ويكون ثاني أكسيد الكربون.

وتقلل نسبة الأزوت العالية في الجو من حدة الأوكسجين في جميع هذه العمليات، لأن الأزوت لا يساعد على الاحتراق.

أما ثاني أكسيد الكربون الذي يتكون في الجو فتمتصه النباتات ثم تعيده إلى الجو أوكسجينًا خالصًا، وهكذا تعتري كميات هذا الغاز العالقة في الجو سلسلة من التحول الدوري.

والأوكسجين أثقل قليلًا من الهواء، وهو قليل الذوبان في الماء (٠,٤ سنتيمتر مكعب منه يمكن أن تذوب في جرام واحد من الماء في الأحوال العادية) ، ولذوبانه في الماء أهمية عظمى إذ إن الحيوانات والنباتات المائية تستمد ما يلزمها للتنفس من الأوكسجين المذاب في الماء ومن مركبات الأوكسجين غاز الأوزون وهو غاز مطهر تتغير كمياته على سطح الأرض تبعًا للأحوال الجوية، وهي تزداد عمومًا بازدياد خط العرض، كما تزداد في الشتاء والربيع عنها في الصيف أو في حالات هدوء الجو أو استقراره، ويكثر غاز الأوزون على ارتفاعات تتراوح بين ١٥ إلى ٤٥ كيلو مترًا من سطح الأرض، ولكنه يبلغ أقصى درجات تركيزه بين ٢٠ إلى ٢٥ كيلو مترًا، والأوزون أثقل من الأوكسجين مرة ونصف مرة وأكثر منه قابلية للذوبان في الماء، وهو يتحلل ببطء في درجات الحرارة العادية إلى أوكسجين إلا إنه يساعد على الاشتعال بشدة أكثر من الأوكسجين، وبالنظر إلى الجدول رقم (١) نرى أن الأساس في تكوين الغلاف الجوي في جميع طبقاته هو الأزوت، وهو أخف قليلًا من الهواء ويذوب في الماء ذوبانًا طفيفًا ويلطف من حدة الأوكسجين في عمليات الاحتراق كما سبق.

ومن أخف مكونات الهواء غازا الأيدروجين والهيليوم، ولكن الهيليوم بخلاف الأيدروجين غير قابل للاشتعال ولذلك فهو يستخدم في تعبئة البالونات ونحوها.

بعض خواص الهواء الطبيعية:

أهم الصفات الطبيعية للهواء الجوي رداءة توصيله للكهرباء والحرارة وهو بذلك جسم عازل، فقابليته للتوصيل الحراري مثلًا هي جزء من ٢٠ ألف جزء من قابلية توصيل معدن النحاس للحرارة، والهواء قابل للانتشار أي أنه يملأ الفراغ المعرض له وينفذ داخل مسام الأرض.

والهواء كسائر الغازات إذا سخن أو برد بأي عامل من العوامل في حيز حر طليق تغير ضغطه وحجمه تبعاً لعلاقة عامة تربط هذه التغيرات الثلاثة وهي:-

يتناسب حاصل ضرب الضغط في الحجم تناسباً طردياً مع درجة حرارة الهواء المطلقة.

والمقصود بدرجة الحرارة المطلقة قيمة الحرارة بالمقياس المئوي مضافاً إليها ٢٧٣.

وإذا سمح للهواء بالانتشار (بأن ازداد حجمه بتقليل الضغط عليه) تهبط درجة حرارته من تلقاء نفسها، وعلى عكس ذلك إذا ضغط الهواء وانكمش يسخن من تلقاء نفسه أيضاً، ولهذا تسمى هذه الظاهرة ظاهرة التبريد أو التسخين الذاتي، وهي تلعب الدور الرئيس في نشاط الجو

عندما تتحرك أجزاء من الجو في الاتجاه الرأسي، فالهواء إذا صعد قل عليه الضغط وانتشر وهو إذا هبط زاد عليه الضغط وانكمش ويتبع ذلك تبريده في الحالة الأولى وتسخينه في الثانية من تلقاء نفسه.

ويقدر معامل التبريد الذاتي في الهواء الصاعد (أي مقدار النقص في درجة حرارته لكل ١٠٠متر يصعدها) بنحو درجة واحدة مئوية لكل ١٠٠متر إذا لم يصحب صعود الهواء أي تكاثف لبخار الماء الذي به في صورة سحب أو مطر، أما إذا بدأ التكاثف فإن هذا المعامل ينقص إلى ٠,٦ درجة مئوية لكل١٠٠ متر نظراً لانطلاق الحرارة الكامنة للبخر في هذه الحالة مما يسبب تسخين الهواء نسبياً، والحرارة الكامنة للبخر هي تلك الحرارة التي تحيل جرام الماء السائل إلى بخار، فإذا تكاثف البخار بعد ذلك لسبب من الأسباب انطلقت منه هذه الحرارة الكامنة.

وتبلغ كثافة الهواء (وهي وزن السنتيمتر المكعب منه) أقصاها عند سطح الأرض وتنقص سريعًا كلما ارتفعنا في الجو، وتتركز نحو نصف كتلة الهواء الجوي في الستة كيلو مترات القريبة من سطح الأرض وتحتوي الستة كيلو مترات الأخرى التي تليها أقل بقليل من ربع كتلة الهواء الجوي، بينما يتوزع الربع الباقي من الكتلة بأكملها خلال الارتفاعات الشاهقة التي تمتد إلى قمة الجو.

ولحساب كثافة الهواء الجوي أهميته العظمى في أعمال الطيران، فإن قدرة الطائرات على الحمل تتوقف إلى حد بعيد على كثافة الهواء، فمثلًا عندما تكون الكثافة قرب سطح الأرض صغيرة فإنه يلزم للطائرات عند الهبوط أو التحليق سرع أكبر بكثير من السرعة اللازمة عندما تكون

كثافة الهواء قرب سطح الأرض كبيرة، وقد وقعت عدة حوادث نتيجة عدم تقدير الطيارين لهذه الحقيقة.

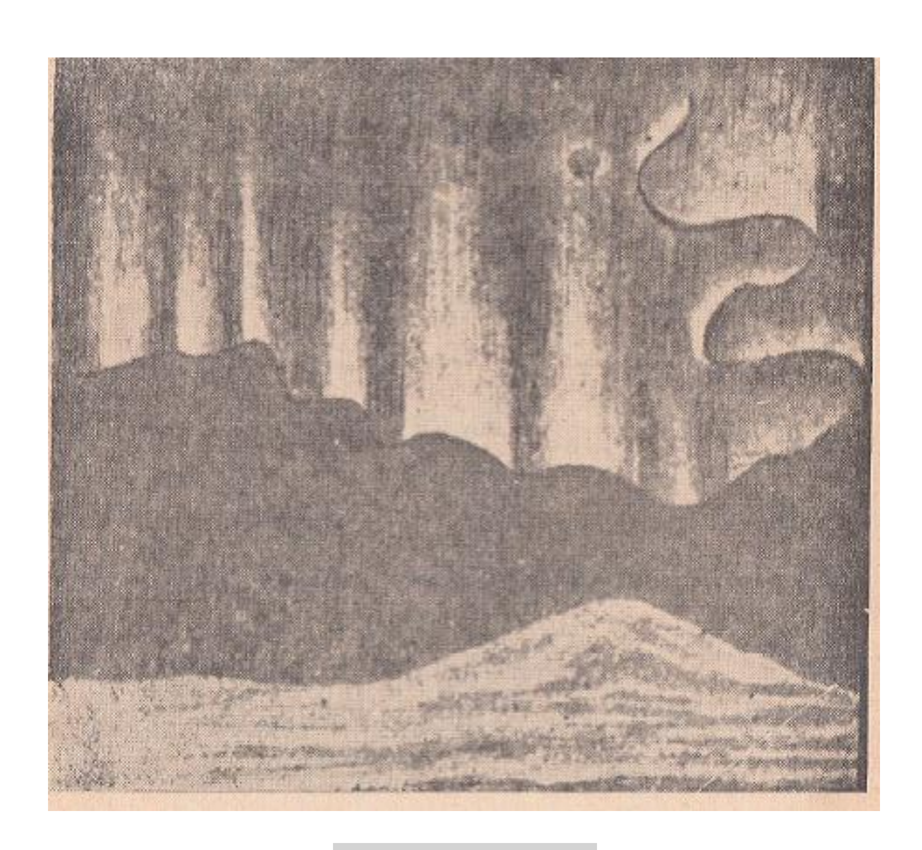
وتتأثر كثافة الهواء قرب سطح الأرض بعوامل ثلاث هي:

- كميات بخار الماء العالقة، وسيأتي بيان تأثيراتها.
- درجة الحرارة.
- الضغط الجوى.

وإن التغيرات الكبيرة في درجة حرارة الهواء وفي مقادير الضغط الجوي يصحبها حتمًا تغيرات مناظرة لكثافة الهواء.

نهاية الجو من أعلى:

نهاية الجو من أعلى غير محدودة تماماً، لأن الهواء كغيره من الغازات ينتشر ليملأ الفضاء، فلا يمكن تحديد الارتفاع الذي ينعدم فيه، وهناك ظواهر جوية تدل على وجود الهواء على ارتفاعات شاهقة، ومن هذه الظواهر "الفجر القطبي" أو " الأورورا"، وهي تفريغ كهربائي في هواء مخلخل، أي هواء منخفض الضغط جداً كما هو الحال داخل الأنابيب الكهربائية المفرغة، ويحدث ذلك على ارتفاعات تصل إلى ٦٠٠ كيلو متر من السطح، ويشاهد الفجر القطبي في المناطق القريبة من القطبين، ولهذا أطلق عليه اسم الفجر القطبي، وهو يضيء السماء ويتدلى كالستائر – شكل (١) – ذات الألوان العجيبة، وله حافة حمراء يتبعها لون أصفر.



شكل (١) الفجر القطبي

رصدات الجو الرئيسة

العناصر الجوية:

لتحديد خواص الهواء في مكان ما في زمن معين ولإمكان مقارنة طبيعته بالنسبة للأهوية التي في أمكنة أخرى تعمل قياسات أو "رصدات" معينة في الجو باستخدام أجهزة الرصد في هذا المكان، وتوفر أجهزة الرصد عادة في مراكز خاصة هي محطات الرصد الجوي، وكل ما يمكن أن نقيسه أو نقدره أو حتى نصفه بكل دقة لهذا الغرض يسمى "عنصراً جوياً" والعناصر الرئيسة التي ترصد في محطات الرصد الجوي هي:

- الضغط الجوي، وكيفية ومدى التغير فيه خلال الثلاث ساعات السابقة لوقت الرصد.
- درجة الحرارة السطحية والعليا.
- درجة الرطوبة السطحية والعليا.
- الرياح من حيث سرعتها واتجاهها.
- مدى الرؤية (أو شفافية الهواء).
- السحب من حيث أنواعها وكمياتها وتحركها.
- مقدار الهطول ونوعه مثل المطر والثلج.

●حالة الجو عموماً من حيث تواجد أو اقترب أو انتهاء العواصف ومنها عواصف الرعد وعواصف الرمال وعواصف الثلج..

ويتم رصدها في ساعات معينة من كل يوم هي: ٠٨٠٠، ١٤٠٠، ٢٠٠٠، ٠٢٠٠ من الوقت المحلي.

وعلم الرصد الجوي لا يخرج عن كونه علم استنباط النظم والقواعد الطبيعية التي تخضع لها تقلبات الجو وتسير عليها ظواهره المختلفة، وتستنتج تلك القوانين والقواعد بتحديد عناصر الجو في أمكنة متفرقة على الأرض (محطات الرصد الجوي) في ساعات معينة من كل يوم، وتوقيعها على خرائط خاصة هي خرائط التنبؤ الجوي ثم ملاحظة أسباب تغير هذه العناصر من آن لآخر، وبهذا يمكن وضع أساس التنبؤ الجوي، فإنه إذا عرفت أسباب ظاهرة جوية خاصة وما يسبقها من ملابسات طبيعية أمكن غالباً التكهن بها قبل حدوثها وذلك بمجرد توفر هذه الملابسات الطبيعية، وفيما يلي موجز من عناصر الجو الرئيسة وطرق رصدها.

الضغط الجوي:

الغلاف الجوي كأي جسم مادي على الأرض له وزنه، وفي حالة الغازات يستعاض عن الوزن بضغط الغاز، ويقدر الضغط الجوي عند أي نقطة بوزن عمود الهواء المقام على وحدة المساحات (وهو السنتميتر المربع عادة) حول هذه النقطة والممتد إلى نهاية الجو من أعلى:

وكلما بعدنا عن سطح الأرض نقص طول هذا العمود، وعلى ذلك يقل الضغط الجوي كلما صعدنا إلى أعلى.

ويعادل وزن هذا العمود عند أي نقطة في مستوى سطح البحر وزن عمود من الماء طوله نحو عشرة أمتار، وعلى ذلك فإننا إذا أردنا أن نقيس الضغط الجوي عند سطح البحر وجب أن نوازنه مع عمود من الماء طوله نحو عشرة أمتار وهو طول غير مناسب عملياً.

ويستعاض عن عمود الماء هذا بعمود من سائل ثقيل هو الزئبق، إذ إن كثافة الماء الواحد الصحيح، وعلى ذلك فإن طول عمود الزئبق الذي يعادل وزنه عمود الماء السابق ذكره هو أقل من المتر.

وتتلخص فكرة عمل جهاز قياس الضغط الجوي (البارومتر) في أنه إذا ملئت أنبوبة زجاجية طويلة (طولها نحو متر) ذات طرف واحد مفتوح بالزئبق النقي ثم نكس الطرف المفتوح في حوض به زئبق وأخذت الأنبوبة اتجاهًا رأسياً فإن قمة الزئبق في الأنبوبة تهبط حتى تصل إلى ارتفاع نحو ٧٦ سنتيمتراً فقط فوق سطح الزئبق الذي في الحوض، بينما يبقى الفراغ الذي يتخلف بأعلى النبوبة خالياً من المادة ويكون وزن عمود الزئبق في الأنبوبة مساوياً تماماً للضغط الجوي.

ويساوي متوسط الضغط الجوي على السنتيمتر المربع الواحد عند سطح الأرض في مستوى سطح البحر وزن نحو ١٠٠٠ جرام أو كيلو جرام واحد.

ومعنى ذلك أن الهواء الجوي يضغط على كل سنتيمتر مربع من أجسامنا وما فيها من أوعية ومسام بقوة تعادل في المتوسط وزن كيلو جرام واحد فإذا أزيح هذا الضغط بأن ارتفعنا مثلًا إلى قمة الجو تتفجر الأوعية الدموية وينبثق منها الدم.

ولما كانت مساحة سطح الأرض تعادل ٥×١٠^{١٨} سنتيمتراً مربعًا فإن كتلة الغلاف الجوي بأكمله تعادل وزن ٥×١٠^{١٨} كيلو جرامًا، وهذا يبين بوضوح وجلاء عظم هذا الغلاف وأهميته.

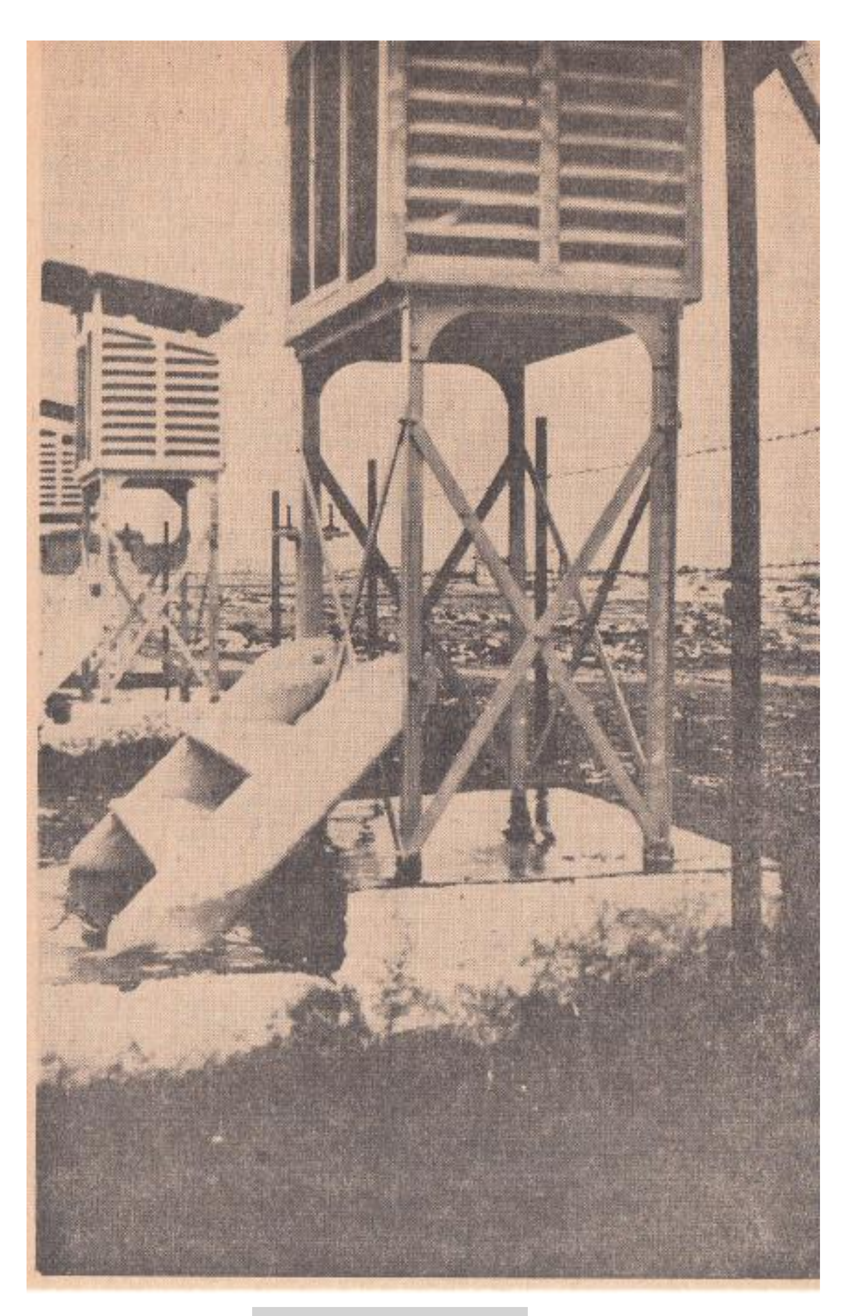
ويتغير الضغط الجوي على سطح الأرض بتغير الزمان والمكان تبعًا لاختلاف كثافة الهواء وكميات أبخرة المياه العالقة فيه وطبيعة تحركه، ويتبع هذه التغيرات تغيرات واضحة في الرياح وشدتها، فاختلافات الضغط الجوي هي التي تعطي القوة الدافعة للهواء القدرة على الحركة، ولهذا كان لقياسه وقياس مدى التغير فيه خلال الثلاث ساعات السابقة لوقت الرصد أهمية عظمى في أعمال التنبؤ الجوي، وعندما يهبط البارومتر عمومًا يكون ذلك نذيراً باقتراب العواصف كما أنه عندما يرتفع يدل ذلك على تحسن الجو أو على الأقل الميل إلى التحسن، وتثبت البارومترات داخل مكاتب الرصد بحيث لا تقع عليها أشعة الشمس فتسبب تسخينها.

درجة الحرارة والرطوبة:

تقاس درجة الحرارة بترمومترات زئبقية عادية تعلق على حوامل داخل أكشاك خشبية خاصة لا تدخلها أشعة الشمس المباشرة، سهلة التهوية، جوانبها مصنوعة من الشيش (انظر شكل ٢) ، وذلك حتى تعطي الترمومترات درجة حرارة الهواء الحقيقية مقدرة إما بالتدريج المئوي أو بالتدريج الفهرنهيتي (في القطارات الإنجليزية) ، ويوجد أيضاً داخل الكشك ترمومتر النهاية العظمى وهو يعطي أكبر درجة حرارة أثناء اليوم، ثم ترمومتر النهاية الدنيا لأصغر درجات الحرارة، ويمكن أيضًا تسجيل درجات الحرارة والرطوبة والضغط الجوي كل يوم على خرائط معينة وذلك بواسطة أجهزة لهذا الغرض تعرف على التوالى بأسماء الترموجراف والهيجروجراف والباروجراف.

ويوجد إلى جانب هذه الأجهزة أيضاً ترمومتر عادي على خزانة قطعة من القماش المندى بالماء من حوض خاص صغير لهذا الغرض، ويعرف هذا النوع باسم الترمومتر المبلل وهو يعطي درجات من الحرارة أقل من درجات حرارة الترمومتر الجاف المخصص لدرجات حرارة الهواء، ويمكن بواسطة تعيين الفرق بين درجتي حرارة الترمومتر المبلل والترمومتر الجاف أن نحسب درجة رطوبة الهواء وسيأتي تفصيل ذلك فيما بعد.

وحرارة الهواء ورطوبته من أهم العناصر الجوية التي تؤثر على الأجسام.



شكل (٢) كشك الأرصاد

ونحن نلحظ ذلك بوضوح وجلاء خلال التقلبات الجوية، التي لا تعدو كونها اختلافات في درجات الحرارة والرطوبة باختلاف الريح والمناطق التي يهب منها، فرياح الخماسين مثلًا تأتي من قلب الصحاري وتكون حارة وجافة بعكس الرياح البحرية التي تنعش الأبدان.

الرياح:

يعين اتجاه الرياح السطحية (وهو الاتجاه الذي تهب منه الريح) باتجاهات البوصلة، فيقال مثلًا إن الريح شرقي إذا أتى من الشرق، أما السرعة فهي إما تقديرية حسب الخبرة والمران وإما أن تعطى بواسطة الأجهزة الخاصة التي تعرف عادة باسم الأنيمومترات، وعندما تقدر السرعة يعبر عنها بأحد الألفاظ التي سبق أن ذكرناها عند الكلام عن الهواء المتحرك مثل النسيمية أو الشديدة إلخ... أما في حالة قياسها فهي تعطى مقدرة بالكيلومتر في الساعة أو بالعقدة، والعقدة هي الميل البحري في الساعة، وهذا القياس يساوي ١,١٥٢ ميلا في الساعة أو ١,٨٥٠ كيلو متر في الساعة.

مدى الرؤية:

وتشمل هذه الأرصاد تقدير شفافية الهواء في اتجاه أفقي لفائدة الملاحين خاصة، والمقصود بالمدى أبعد مسافة يمكن أن ترى عليها الأجسام (أو شواخص معينة) بوضوح، وتؤثر بعض ظواهر الجو مثل الضباب والعجاج والمطر الغزير وعواصف الرمال على درجة شفافية

الهواء فتقلل منها، وهي بذلك قد تصل إلى بضعة أمتار حيث يصبح الطيران مستحيلًا، وتكون الملاحة عموماً خطرة عند ما يهبط مدى الرؤية عن ١٠٠٠متر.

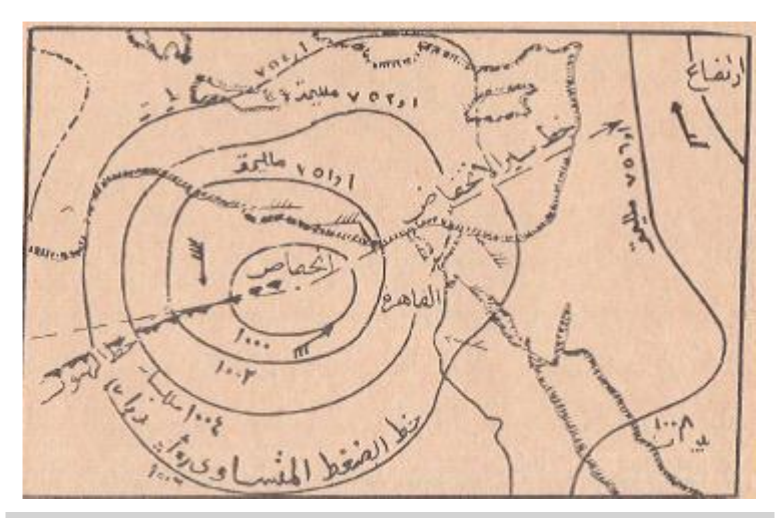
تبادل الأرصاد الجوية بين الدول لرسم خرائط الطقس:

عندما يتم رصد عناصر الجو المختلفة في أي ساعة محددة للرصد بواسطة محطات الرصد في أي إقليم ترسل في الحال إلى المركز الرئيس في هذا الإقليم أو القطر بواسطة التلغراف أو اللاسلكي.

وتتبادل الدول فيما بينها هذه الرصدات جميعاً بإعادة إذاعتها على موجات خاصة بواسطة اللاسلكي، ويتم ذلك كله بسرعة فائقة ونظام دولي محكم على شفرات خاصة يتوخى فيها تجنب استعمال اللغات وتوفير الوقت وإتمام الفائدة.

وتلتقط كل دولة بهذه الطريقة ما يهمها من رصدات في أي إقليم ثم ترسم خرائط خاصة لكل ساعة من ساعات الرصد توضح توزيع العناصر الجوية وتعرف باسم خرائط الطقس، وكلها تفيد في أعمال التنبؤ الجوي ومن أهم هذه الخرائط ما يعرف باسم خرائط "الأيسوبار" أو "خطوط الضغط المتساوي" وفيها توصل الأماكن أو المحطات التي يتساوى فيها الضغط الجوي بخطوط هي خطوط الضغط المتساوي، ومن أهم فوائدها تحديد بقاع الضغط العالي من البقاع التي يكون الضغط فيها منخفضًا ولو نسبيًا كما هو مبين في شكل (٣).

عندما تتوفر سلسلة من أرصاد عناصر الجو كل يوم لشبكة من محطات الرصد خلال سنين عديدة يكون أول فوائد هذه السلسلة هو حساب متوسطات هذه العناصر لكل محطة أو لكل إقليم خلال الشهر الواحد أو الموسم أو حتى خلال العام، وتكون مثل هذه المتوسطات في مجموعها ما يطلق عليه اسم "المناخ" وعلى ذلك فإن المناخ كلمة معناها متوسطات العناصر الجوية خلال سنين عديدة وقلما تتغير هذه المتوسطات.



شكل (٣) خريطة الأبسوبار أو خطوط تساوي الضغط وقاعدة بايزبالوت

أما الطقس فهو ما تحدده العناصر الجوية أثناء فترة معينة وهو يتغير من يوم لآخر عمومًا، فقد يكون الطقس في يوم من أيام ربيع مصر حاراً مرهقًا ثم يعقب ذلك يوم بارد منعش، ومن الملاحظ مثلًا إن طقس مصر يكاد يكون مستقراً خلال الفترة الممتدة من يوليو إلى أغسطس

(أي أن عناصر الجو لا تعتريها تغيرات واضحة) ولهذا يعبر عن ذلك بأن مصر ليس لها طقس خلال هذه الفترة بل مناخ فقط.

ومن أهم ما استفيد به من عمل المتوسطات وفكرة المناخ بوجه عام، تعيين متوسطات الرياح على الأرض، فإن هذه المتوسطات دلت بوضوح وجلاء على وجود دورة عامة للرياح على الأرض، تتبع توزيع الضغط الجوي العام ودرجة الحرارة على سطح الأرض من شهر لشهر خلال العام.

والمقصود بالدورة العامة للرياح جهاز شامل على سطح الأرض لحركة الهواء يكاد يكون ثابتًا لولا ما يطرأ عليه من تغيرات يومية نتيجة فعل الدورات المحلية.

فكرة الدورة العامة

التوزيع العام لعناصر الجو على سطح الأرض وقاعدة بايزبالوت:

يستنتج التوزيع العام لعناصر الجو على سطح الأرض برسم خرائط متوسطات هذه العناصر لجميع محطات الرصد في العالم، ومن أهمها خرائط درجة الحرارة والضغط الجوي والرياح والأمطار، وكلها تدل دلالة واضحة على أنها ترتبط ببعضها البعض، وتكون في مجموعها جهازاً عاماً منظماً يسمى "الدورة العامة للجو"

ومهما يكن من شيء فإن هذا الاستنتاج يحتاج دائماً إلى بعض الإيضاح، فليس معناه أنه يلزم أن تكون حالات الطقس في كل مكان منتظمة أو ذات طابع دوري مرتب، أو على وتيرة خاصة، ولكن معناه أن السواد الأعظم لهذه المتوسطات يدل على وجود توزيعات لهذه العناصر على سطح الأرض أبسط وأقرب للفهم من تلك التغيرات الجوية التي نشاهدها كل يوم ونكاد لا نفهم لها نظامًا أو قاعدة أو نتكهن بها، ومن المسلم به أن المتوسط لأي عنصر في مكان معين قلما توفره الطبيعة فعلًا في هذا المكان، إذ توجد دائمًا دورات أو تقلبات جوية محلية معقدة بعض الشيء تكون بإضافتها إلى الدورة العامة حالة الطقس فيه.

وإن من الطبيعي أن يرتبط التوزيع العام للعناصر على سطح الأرض بعضه ببعض، ولقد وجد بالمران والخبرة أن أبسط الطرق لدراسة الرياح

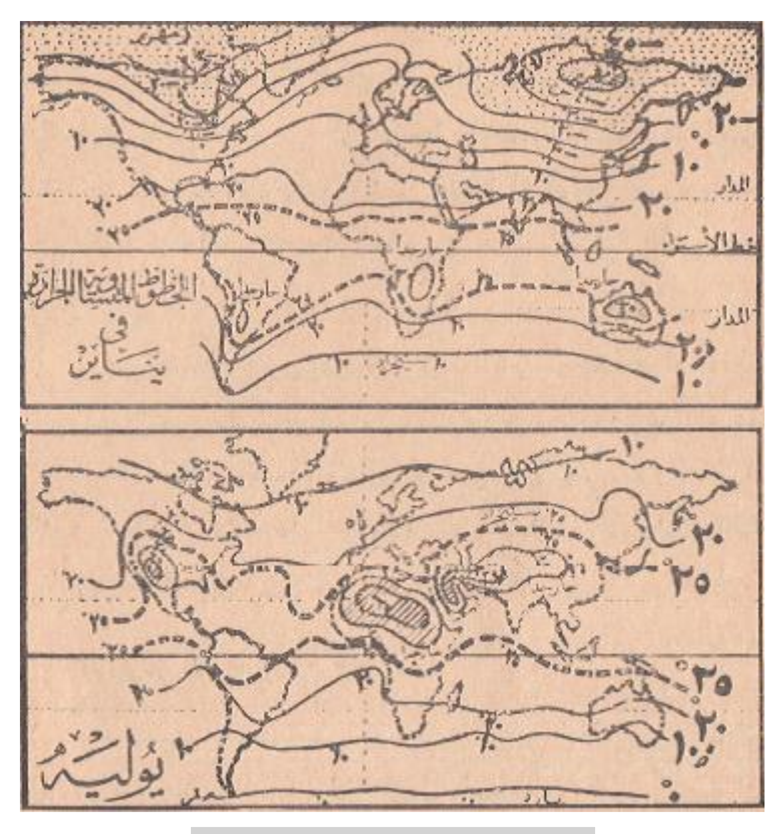
هي تلك التي تتضمن علاقتها بتوزيع الضغط الجوي على الأرض، فعندما نرسم خطوط الضغط المتساوي نجد أن الرياح إنما تهب بميل تجاه مناطق الضغط المنخفض مندفعة من مناطق الضغط العالي، متبعة في ذلك تلك القاعدة التي شاهدها بايزبالوت ثم عبر عنها بقوله "في نصف الكرة الشمالي تدور الرياح حول خطوط الضغط المتساوي منحرفة نحو مراكز الضغط المنخفض بحيث تكون هذه المراكز على يسارها وتكون مناطق الضغط العالي على يمينها" هذه هي القاعدة العامة، ويحدث العكس في نصف الكرة الجنوبي – راجع شكل (٣)

ويتبع الضغط الجوي بدوره التوزيع العام لدرجة الحرارة، هذا التوزيع الذي يحدد كثافة الهواء وبالتالي وزنه أو ضغطه، فمن المشاهد عمومًا أن مناطق الضغط العالي على سطح الأرض تلازم الهواء الثقيل الكبير الكثافة نظراً لبرودته، بينما تكون الأرجاء الساخنة مناطق ضغط خفيف.

التوزيع العام لدرجة الحرارة:

من البديهي أن تتواجد درجات الحرارة العظمى في المناطق الاستوائية، على أننا نظراً لاختلاف طبيعة الماء واليابس نجد أن سطح الماء يكون في فصل الشتاء أسخن من اليابس الذي يحاذيه وأبرد في فصل الصيف. ولهذا فإن أصغر درجات الحرارة التي نشاهدها في جو الأرض تتوفر في شهر يناير ولكن ليس في مناطق القطب الشمالي بل في

شمال سيبيريا ثم فوق جرينلاند، وتكون مناطق سيبيريا عمومًا مصادر الضغط العالي الذي يتدفق منه الهواء المتجمد الكثيف.



شكل (٤) التوزيع العام لدرجة الحرارة

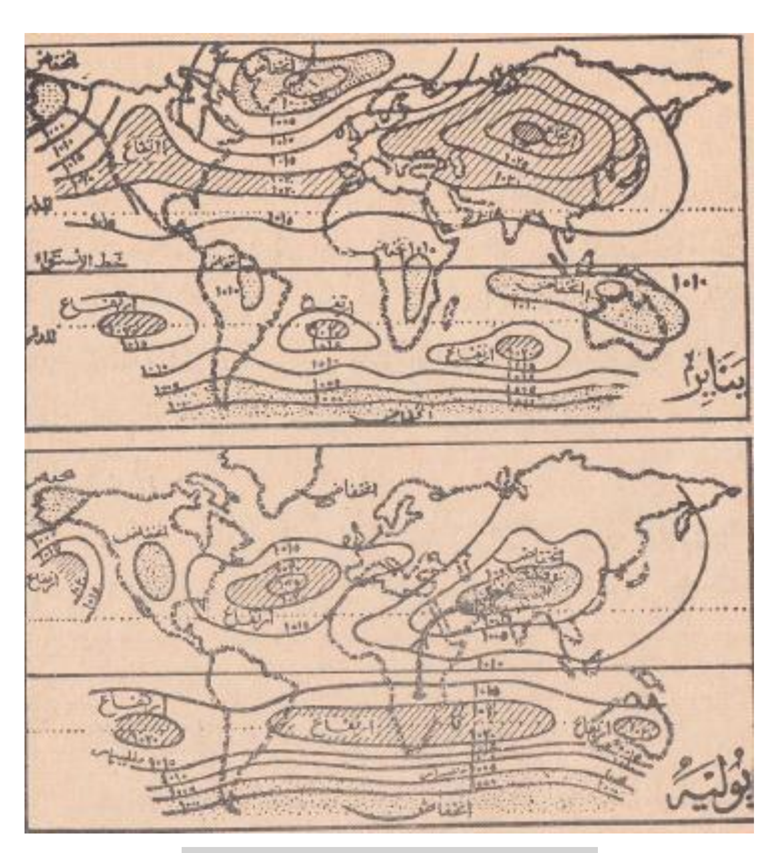
فتارة يغزو غرب أوروبا أو قد يصيب الشرق الأوسط تارة أخرى محدثًا أمواجًا من الزمهرير والتقلبات الجوية العنيفة، كما سنوضح فيما بعد.

أما درجات الحرارة العظمى فتتواجد في الصيف داخل القارات فتكون مثلًا منطقة شمال إفريقيا إلى بلاد العرب والهند حزامًا يكاد يكون متصل الأرجاء لدرجات الحرارة العالية، وهذه هي مناطق ظهور الانخفاضات الموسمية، ويبين شكل (٤) التوزيع العام لدرجة الحرارة على سطح الأرض في فصلي الشتاء والصيف ممثلين على الترتيب بشهري يناير ويوليو.

وتصل الخطوط المرسومة الأماكن التي تتساوى فيها درجات الحرارة بعضها ببعض، وبذلك يمكن تحديد البقاع الباردة من البقاع الساخنة.

التوزيع العام للضغط الجوي والرياح:

يوزع الضغط الجوي في فصلي الشتاء والصيف (ممثلين بشهري يناير ويوليو أيضًا) كما هو موضح في شكل (٥) وتصل الخطوط المرسومة مناطق الضغط المتساوي بعضها ببعض وذلك بغرض تحديد مناطق الضغط العالي من مناطق الضغط المنخفض، ولعل أهم ما نلاحظه أنه في كل من فصلي الصيف والشتاء تتواجد حول خط الاستواء منطقة يكاد يوزع الضغط حولها بانتظام، داخلها الرياح هادئة أو ساكنة.



شكل (٥) التوزيع العام للضغط الجوي

وتسمى هذه المنطقة باسم حزام "الركود" وتكثر فيها الأمطار الغزيرة وعواصف الرعد وتزداد الرطوبة مما يساعد على تولد الضغط الخفيف، وتتركز هذه المنطقة عادة شمال خط الاستواء بقليل كما أنها تتذبذب صوب الشمال أو الجنوب متبعة في ذلك الوضع الظاهري للشمس خلال العام.

ويحد هذه المنطقة من الشمال ومن الجنوب منطقتان من الضغط العالي (ما بين خطي عرض ٢٠ ْ ،٣٠ ْ) وهما يظهران بوضوح وجلاء

فوق المحيطات وخاصة في نصف الكرة الجنوبي، وتعرف عادة باسم مناطق "ركاب الخيل" ويهب منها هواء يتجه إلى مناطق الضغط الخفيف الذي حولها، وهو ينحرف نحو الغرب في سيره نحو خط الاستواء، ويكون الرياح الشمالية الشرقية في نصف الكرة الشمالي والجنوبية الشرقية في نصف الكرة الجنوبي، وتعرف هذه التيارات باسم "الغربيات السائدة" وشمالية غربية في النصف الجنوبي وهي شديدة السرعة، وتميل البارومترات إلى الهبوط في مناطق هبوب الغربيات السائدة كلما تولدت فيها العواصف المحلية، ولهذا يميل توزيع الضغط العام فيها للهبوط النسبي بينما تبقى منطقة القطب عالية الضغط على النحو الموضح في شكل (٦).

دورة الرياح العامة:

لو أن الأرض سكنت ولم تتحرك ولو أن سطحها كان متجانساً وتعامدت أشعة الشمس على خط الاستواء دائماً لبلغت الحرارة أشدها والضغط أقله حول هذا الخط، وتناقصت الحرارة تدريجياً نحو القطبين حيث يبلغ الضغط أعلاه عندهما.

وبديهي أن يتبع ذلك سخونة الهواء وتمدده ثم ارتفاعه دواماً حول خط الاستواء مما يسبب العواصف والأمطار الغزيرة، ولا يلبث هذا الهواء أن يفيض في طبقاته العليا تجاه القطبين على صورة رياح مضادة للتجارية، وعند القطبين يتساقط الهواء من أعلى ويسير في الطبقات القريبة من سطح الأرض صوب خط الاستواء ليعيد الدورة السابقة من

جديد، هذه هي أبسط دورات الرياح العامة تحت الشروط التي افترضناها، وهي واضحة إلى حد بعيد في المقطع الرأسي لتوزيع الرياح المبين في شكل (٦).

ونظراً لدوران الأرض وعدم تجانس سطحها على النحو الذي سبق أن ذكرناه واعتبارات أخرى نجد أن منطقة الضغط الخفيف التي حول خط الاستواء (مناطق الركود) تغذي تياراتها العليا أيضاً



شكل (٦) دورة الرياح العامة

ومناطق الضغط العالي المتاخمة لها والمعروفة باسم مناطق ركاب الخيل حيث يهبط بعض الهواء، ومجمل القول إن الهواء الذي يصعد قرب خط الاستواء، وينساب في الطبقات العليا تجاه "القطبين" يتساقط بعضه في مناطق "ركاب الخيل" التي تهب منها الرياح التجارية لتغذي انخفاض الاستواء كما تهب منها الغربيات السائدة التي تغزو المناطق المعتدلة.

والرياح التجارية رياح شرقية عمومًا، تهب بشدة على المحيطات حيث تكون أثبت أنواع الرياح على الأرض، وتلعب دوراً هامًا في توزيع

الطاقات في جو الأرض كما سنبين فيما بعد، وهي لا ينتابها إلا بعض الاضطرابات التي تكون في صورة أمواج تسبب من آن لآخر ظهور نكباء في المناطق الحارة، أما داخل القارات فإن حزام الرياح التجارية كثيراً ما يتقطع ويصبح غير متصل، كما أن الرياح نفسها تكون جافة، ولذا تكثر في مناطق هبوبها الصحاري مثل الصحراء الكبرى وصحراء العرب.

أما الغربيات السائدة فهي غير ثابتة تتغير شدتها واتجاهاتها تبعًا للدورة المحلية للجو أو الطقس المحلي ولهذا فهي منطقة ضغوط منخفضة نسبيًا، وفي المحيط الأطلسي تدفع الغربيات السائدة معها تيار الخليج الدافئ الذي يحمل معه الدفء إلى شواطئ غرب أوروبا حتى خط عرض ٨٠ ° شمالًا، ونظراً لهبوبها من مناطق ساخنة نسبيًا إلى أخرى أبرد فهي تعاني سلسلة من التبريد تجعلها رياحًا ممطرة، وتتحرك منطقة الغربيات السائدة أيضًا صوب الشمال أو الجنوب تبعًا للحركة الظاهرية للشمس، ولهذا فهي في فصل الشتاء تغمر منطقة البحر الأبيض المتوسط وتصيبه بأمطار شتوية، وعمومًا فإن حركة الشمس الظاهرية وما يتبعها من اختلافات في توزيع الإشعاع الشمسي هي المحدد الأول للتغييرات الملموسة في دورة الجو العامة.

الشمس وإشعاعاتها

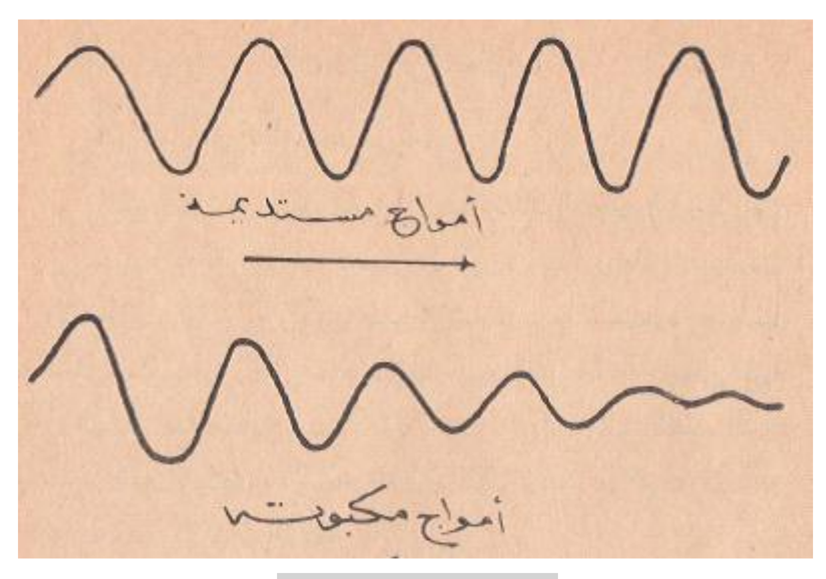
الإشعاع أو الطاقة الأثيرية:

الكون مادة وإشعاع والمعنى الخاص بالإشعاع هي تلك الطاقات (غير المادية) التي نلمس آثارها دون أن تتجسم في صورة المادة ونطلق عليها اسم الإشعاعات الأثيرية، ومن هذه الإشعاعات ما تستشعره حواسنا مباشرة مثل الحرارة التي تستجيب لها حاسة اللمس خاصة ويطلق عليها في الكتب العلمية عادة اسم الأشعة تحت الحمراء، ومثل الضوء الذي تميزه الأعين، والضوء الأبيض الذي ترسله الشمس هو مجموعة الأشعة المرئية ذات الألوان المختلفة.

ومن الإشعاعات الأثيرية ما نلمس آثارها فقط مثل الأشعة فوق البنفسجية التي عند ما تتعرض لها الأجسام على سواحل البحار أو فوق الجبال تكسب البشرة لوناً برونزياً جميلاً، ومثل أشعة إكس المعروفة في تصوير الأجزاء الداخلية للأجسام.

وتنتقل هذه الإشعاعات في الفضاء أو في الهواء الجوي على صورة أمواج تنتشر بسرعة الضوء (أي ٣٠٠٠٠٠ كيلو متر في الثانية) ، والمقصود بالأمواج – شكل (٧) – تلك الحركة ذات الطابع الخاص بتكرارها في الوسط الذي تنتشر فيه، على غرار أمواج البحار مثلًا.

ولكل موجة أثيرية (كأمواج اللاسلكي مثلًا) طول خاص يقاس عادة بالمتر أو بالسنتيمتر، أو (في حالات الأمواج القصيرة) بوحدة يقال لها "ميكرون" .



شكل (٧) الحركة الموجية

وهو جزء من عشرة آلاف جزء من السنتيمتر الواحد، وعدد مرات تكرار الموجة في الثانية يسمى الذبذبة أو التردد، ويبين الجدول رقم (٢) سائر أنواع الإشعاعات أو الأمواج الأثيرية العامة التي على جانبي الجزء المرئي (الضوء) ويتكون الضوء من حزمة أو مجموعة من الألوان تبدأ بالبنفسجي ناحية الإشعاعات القصيرة الأمواج وتنتهي بالأحمر ناحية الأمواج الطويلة، وتكون هذه الألوان عند اختلاطها في مجموعها الضوء الأبيض، وتأتي قبل اللون البنفسجي الأشعة فوق البنفسجية، وهي غير

مرئية ذات تأثيرات كيميائية كما تؤثر على ألواح وأفلام التصوير الحساسة، ويلي اللون الأحمر الشعة تحت الحمراء وهي أشعة حرارية غير مرئية كما سبق.

نوع الإشعاع العام	مدى طول الموجة بالميكرون
الأشعة الكونية	$10^{-10} - 10^{-7}$
أشعة جاما	$١٠^{-٧} - ١٠^{-٤}$
أشعة إكس	$١٠^{-٤} - ١٠^{-٤}$
الأشعة فوق البنفسجية	$١٠^{-١}$
الضوء	●– ١ تقريبا
الأشعة تحت الحمراء	$١ - ١٠^{٢}$ تقريبا
أمواج الرادار	$١٠^{-٣} - ١٠^{-٤}$
أمواج الراديو (اللاسلكي)	$١٠^{-٤} - ١٠^{-١٢}$

المكونات الرئيسة للضوء الأبيض	متوسط طول الموجة بالميكرون على الترتيب
البنفسجي	0.44

الأزرق	٠.٤٨
الأخضر	٠.٥٠
الأصفر	٠.٥٨
البرتقالي	٠.٦٢
الأحمر	٠.٧١

جدول رقم (٢) – الأمواج الأثيرية

ومجمل القول أن طاقات الإشعاع ما هي إلا أمواج أثيرية وأن السبب في تباين خصائصها الطبيعية واختلاف تأثيرها على الأجسام إنما يرجع إلى مجرد الاختلاف في أطوال أمواجها وتردداتها.

وعند ما تخترق هذه الإشعاعات الأوساط المادية مثل جو الأرض تعني سلسلة من الظواهر الطبيعية مثل الانعكاس من قمم السحب (وهو شبيه بالانعكاس من المرايا) ويتضمن ارتداد جزء من الطاقة، ومثل الامتصاص، ومثل التشتت أو التناثر كما يحدث مثلًا في البحر الزاخر عندما تتناثر أمواجه على الصخور الصغيرة على بعد من الشاطئ فترتد في كل اتجاه، وتتوقف قيمة الامتصاص على طبيعة الوسط المادي الذي يمتص الطاقة، فهي تختلف من جسم لآخر ومن غاز لآخر.

إشعاعات الأجسام المادية:

تستطيع الأجسام المادية المختلفة أن تمتص الأمواج الأثيرية بدرجات متفاوتة، كما أنها أيضًا تستطيع إرسال هذه الأمواج أو إطلاقها بدرجات أو كميات متفاوتة، وتسمى هذه الظاهرة الأخيرة "الإشعاع المادي" أي أن الجسم المادي يستطيع أن يطلق أمواجًا أثيرية، وهو بذلك يفقد بعض طاقته وتنخفض درجة حرارته. فالإشعاع المادي إذن ظاهرة طبيعية تلازم الأجسام المادية، ومن المشاهد مثلًا أننا إذا سخنا قطعة من الحديد نشعر بانبعاث الحرارة منها، وباستمرار التسخين نراها تضئ أي تنبعث عنها أيضًا طاقة ضوئية تبدأ باللون الأحمر ثم الأصفر فالأزرق نتيجة انبعاث أمواج هذه الألوان منها على التوالي كلما ارتفعت درجة الحرارة.

وعلى العموم تتوقف أطوال الأمواج ومقادير الإشعاعات الأثيرية التي يطلقها الجسم المادي على درجة حرارة هذا الجسم ونوعه "والجسم الأسود" أكثر الأجسام إشعاعًا، ولكل درجة حرارة حزمة معينة يشعها الجسم بغزارة، فإذا افترضنا لَ ميكرون هو طول الموجة التي يشعها الجسم الساخن بغزارة وأن درجة حرارة هذا الجسم هي ءْ مئوية فإن:

لَ = ميكرون

وإذا اعتبرنا مثلًا أن درجة حرارة الشمس الخارجية هي ٦٠٠ْ م فإنها تشع بوفرة وغزارة أمواجًا متوسط أطوالها نحو ٠,٤٧ ميكرون

وهذه تقع في منطقة اللون الأزرق، وإذا اعتبرنا أن متوسط درجة حرارة جو الأرض هي نحو ٧٠ْم تحت الصفر فإن الجو يشع بوفرة وغزارة أمواجًا طولها نحو ١٥ ميكرون، وهذه تقع في منطقة الطيف الحراري غير المرئي، وفي جدول رقم (٣) بيان بحساب أطوال الأمواج التي يتم إشعاعها في درجات حرارة جو الشمس وسطح الأرض وجو الأرض.

درجة الحرارة بالمقياس المطلق	طول الموجة بالميكرون		
(ْم + ٢٧٣)	النهاية الصغرى	النهاية العظمى	طول موجة أكبر طاقة
جو الشمس ٦٠٠٠	0.17	4	0.47
سطح الأرض ٣٠٠	٣,٠	٨٠	١٠
جو الأرض ٢٠٠	٤,٠	١٢٠	١٥

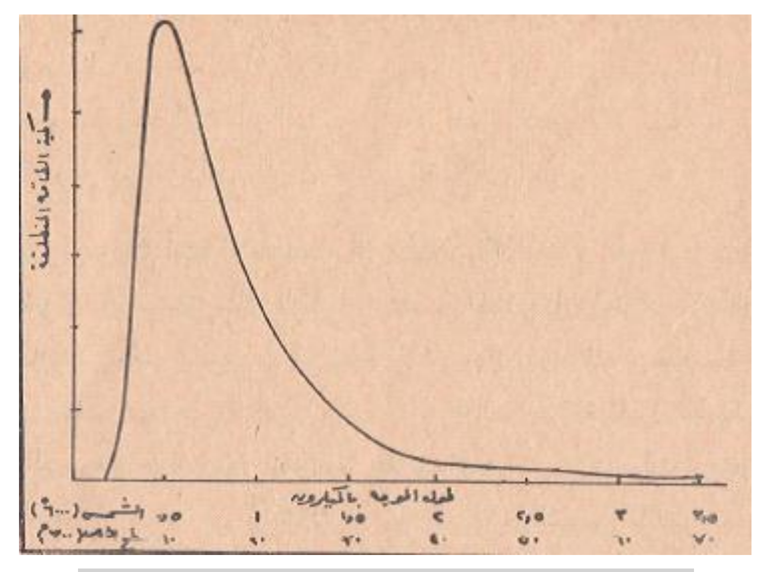
جدول رقم (٣) – إشعاعات الشمس والأرض

ويسمى مدى الأطوال الموجية للإشعاع الأثيري المنبعث من أي جسم مادي (بالطيف) وهو يشمل جميع الأطوال الموجية المنبعثة من هذا الجسم ومقادير طاقاتها على النحو الموضح في شكل (٨) ، ولا

نعني بالطيف الجزء المرئي فقط بل هو غالبًا ما يمتد على الجانبين إلى نهاية الأشعة تحت الحمراء (الحرارية) من ناحية وإلى الأشعة فوق البنفسجية من الناحية الأخرى.

الإشعاع والامتصاص التخيري:

لا تشع معظم الغازات والأبخرة طيفًا متصلًا كالأجسام السوداء، ولكنها ترسل إشعاعاتها على أمواج معينة وبغزارة أقل من الأجسام السوداء، وبعبارة أخرى نجد أن قوة الإشعاع لأي غاز أو بخار تقارب قوة إشعاع الجسم الأسود على أمواج معينة ومحدودة فقط، بينما هي تقارب الصفر على الأمواج الأخرى.



شكل (٨) أطوال الأمواج والطاقات المنبعثة من الشمس وسطح الأرض

أما قوة الامتصاص (وهي معدل امتصاص الإشعاع الساقط على وحدة المساحات) فقد وجد كيرشوف أنها عند أي درجة حرارة تكون النسبة بينها وبين قوة الإشعاع على موجة خاصة واحدة لكل الأجسام، ومعنى ذلك أنه إذا أرسل جسم مادي طاقة ما على موجة خاصة تحت درجة حرارة معينة فإنه أيضًا يمتص طاقة الإشعاع التي لها نفس طول الموجة عند سقوطها عليه، ولهذا فإن الغاز الذي يرسل أمواجًا ذات أطوال معينة يمتص تلك الأمواج التي لها هذه الأطوال فقط.

ويعرف هذا النوع باسم الإشعاع والامتصاص التخيري للغازات، وهي ظاهرة تلعب أهم الأدوار في جو الأرض الذي تسمح أغلب مكوناته بنفاذ الإشعاع الشمسي، بينما تشع وتمتص هذه المكونات الغازية أمواجًا ذات أطوال تختلف باختلاف الغاز.

ومن أهم أمثلة الامتصاص التي تتميز بها الأجسام أنه إذا عرضنا خزان الترمومتر مثلًا للإشعاع الشمسي المباشر فإن الخزان سرعان ما يمتص كجسم أسود أغلب هذه الإشعاعات، وبذلك نراه يسجل درجات من الحرارة أكبر بكثير من درجات الهواء المحيط بالترمومتر والذي لا يمتص إلا بطريق التخير، ولتلافي ذلك توضع الترمومترات داخل أكشاك خاصة تقيها أشعة الشمس المباشرة – راجع شكل (٢).

الإشعاع الشمسي:

الشمس نجم هائل يزيد قطره على مليون وثلث مليون كيلومتر، أي أن قطر الشمس أكبر من قطر الأرض مائة مرة، وتبلغ درجة حرارة جو الشمس الخارجي نحو ٦٠٠٠ْ م ، وتزداد هذه الحرارة سريعًا بازدياد القرب من المركز حيث تصل إلى أكثر من ٢٠ مليون درجة، وذلك نظراً لما تعانيه مكونات المركز من ضغوط هائلة تفوق الوصف.

وتندلع من الشمس نافورات من غازات ملتهبة إلى ارتفاعات تقدر بآلاف الكيلومترات، ومن هذه النافورات ما يعرف باسم "البقع الشمسية" ، وهي أعاصير جبارة في جو الشمس، قد يبلغ قطر الإعصار فيها نحو ٥٠ ألف كيلو متر، ويتبع ظهورها عادة انتشار أمواج من المغناطيسية والكهربائية في الفضاء لا تلبث أن يصحبها حدوث، "العواصف المغناطيسية" على سطح الأرض.

ويحوي الإشعاع الشمسي قبل دخوله جو الأرض نسباً متباينة من الإشعاعات الأثيرية ذات الموجات المختلفة الأطوال، إلا أنه يمكن حصر السواد الأعظم منها في حزمة تحدها موجتان هما نحو ٠,١٧ ميكرون ونحو ٤ ميكرون على النحو الذي سبق ذكره، وتقدر نسب الطاقة في طيف الشمس، أي مقدار ما يفد منها في كل ١٠٠ وحدة على النحو الآتي:

(١) حوالي ٩% أشعة فوق البنفسجية، وهذه تكون حزمة تنحصر أطوال أمواجها بين ٠,١٧ ميكرون ونحو ٠,٣٣ ميكرون.

(٢) حوالي ٣٨ % أشعة مرئية (ضوء) ، وهذه تكون حزمة من الإشعاعات تنحصر أطوال أمواجها بين ٠,٣٤ ميكرون ونحو ٠,٨ ميكرون ، وهذه الحزمة هي مصدر النور، ويصل التنوير نهايته العظمى عند انتصاف النهار، وهو في فصل الصيف ضعف قيمته في فصل الشتاء، ويبلغ في القاهرة مثلا نحو ١٠٠٠٠قدم شمعة في الصيف ونحو ٥٠٠٠قدم شمعة في الشتاء، ولتقريب هذه القيم للأذهان نذكر أن التنوير في قاعة متسعة عندما تكون إضاءتها مريحة هو ١٥٠٠قدم شمعة، ولتنوير الشمس اتصال وثيق جداً بنمو النباتات وتزهيرها، إذ إن التزهير يتطلب قدراً معيناً من الإضاءة لا بد من توفره.

(٣) نحو ٥٣ % أشعة تحت الحمراء (حرارية) وهذه تكون حزمة طويلة تمتد أمواجها من حوالي ٠,٨١ ميكرون إلى ٤ ميكرون وأكثر وتلعب هذه الإشعاعات أهم الأدوار في النشاط الجوي بأسره.

وتبلغ كثافة الإشعاع الشمسي على السنتيمتر المربع خارج جو الأرض في المتوسط نحو سعرين حراريين في الدقيقة، ويطلق على هذا المقدار من الطاقة اسم "الثابت الشمسي" ، ذلك لأن التغير فيه غير دائم خلال فترات طويلة، ويتناقص الإشعاع الشمسي بعض الشيء بدخوله جو الأرض لأسباب عديدة في جو الأرض نفسه، منها ظاهرة التشتت أو التناثر بجزئيات الهواء والأجسام الصغيرة السابحة في الجو مثل الغبار ونقط الماء ونحوها، ومن هذه الأسباب أيضًا ظاهرة الامتصاص وخاصة بغاز الأوزون في طبقات الجو العليا وبواسطة بخار الماء الذي يكثر نسبياً في طبقات الجو القريبة من سطح الأرض، ومن

أهم ما يسبب تناقص الطاقة الشمسية في الجو الانعكاس، فإن السحب والرمال التي تثيرها العواصف والبراكين ونحوها ترد إلى الفضاء جزءًا كبيرًا من الإشعاع الشمسي كل يوم.

وهناك إشعاعات أخرى تصل إلى سطح لأرض من جو الأرض نفسه، أغلبها تلك الإشعاعات الشمسية المشتتة أو المتناثرة في الجو أو المنعكسة فيه في اتجاهات غير الاتجاه الرأسي.

ونظراً لأن طبقات الجو السفلى هي التي تكثر فيها الأتربة وأبخرة المياه والسحب ونحوها فإنه لا يصلح لقياس الثابت الشمسي إلا المراصد الجوية الواقعة على قمم الجبال، كما هو الحال في مرصد جبل سانت كاترين بطور سيناء.

ويتغير مقدار الإشعاع الشمسي الذي يصل إلى بقعة ما من سطح الأرض بانتظام تبعًا لعوامل فلكية منها:

١- زاوية ميل أشعة الشمس في هذه البقعة ويكون الإشعاع كبيراً كلما تعامدت الأشعة على السطح.

٢- المسافة بين الشمس وهذه البقعة، وتكبر كثافة الإشعاع كلما قلت المسافة وعلى العموم تختلف كمية الإشعاع الشمسي الواردة إلى سطح الأرض تبعًا لاختلاف خط العرض، فأكبرها يصل إلى خط الاستواء وأقلها يصل إلى القطبين، ولو أننا اعتبرنا أن اليوم الحراري هو متوسط كمية الإشعاع الشمسي في ٢٤ ساعة عند خط الاستواء بصرف النظر عن العوامل الأخرى، واتخذنا هذه وحدة للمقارنة يكون مقدار الإشعاع

الشمسي على خطوط العرض المختلفة طول العام مقدراً بالأيام الحرارية على النحو المبين في جدول رقم (٤).

خط العرض	٠°	٢٠°	٤٠°	٦٠°	٨٠°
يوم حراري	٣٦٥	٣٤٥	٢٨٩	٢٠٨	١٥٧

جدول رقم (٤) الإشعاع الشمسي في خطوط العرض المختلفة

ولا تتبع الأرض في فلكها حول الشمس دائرة كاملة بل تسير في مجرى على شكل دائرة مستطيلة (أو ما يسمى قطع ناقص) وعلى ذلك فإن المسافة بين الأرض والشمس دائمة التغير فتكون في يناير ١٤٧ مليون كيلو متر وفي يوليو ١٥٢ مليون كيلو متر أي بفرق خمسة ملايين كيلو متر.

كذلك تجد أن الأرض في دوراتها حول نفسها إنما تدور حول محور يميل بمقدار ٢٣½ درجة مع مستوى فلك الأرض في القطع الناقص سالف الذكر، ولا يتعامد الإشعاع الشمسي فعلًا على خط الاستواء إلا في يومي ٢١ مارس ثم ٢٢ سبتمبر حيث يتساوي الليل والنهار في كافة أنحاء الأرض، وفيما بعد ٢١ مارس تبدأ الشمس مهاجرتها الظاهرية نحو الشمال فيزداد طول النهار على الليل في نصف الكرة الشمالي حتى تصل إلى مدار السرطان (خط عرض ٢٣½ درجة شمالًا) وهو أقصى مدى لهجرة الشمس الظاهرية تجاه الشمال ويكون

ذلك في ٢١ يونيو حيث يتعامد الإشعاع على مدار السرطان، ومن ثم تنتقل الشمس ظاهريا صوب الجنوب حتى تتعامد على خط الاستواء في ٢٣ سبتمبر ثم تستمر إلى الجنوب حتى تبلغ مدار الجدي (خط عرض ٢٣½ درجة جنوبًا) في ٢٢ ديسمبر ومن ثم ترجع مرة أخرى وهكذا.. وتبعًا لهذا يتغير طول النهار من فصل لآخر وتبعاً لخطوط العرض كما هو موضح في الجدول رقم (٥).

خط العرض	٠°	٤١°	٦٣°	٦٦°	٦٧°	٧٨°	٩٣°
يوم حراري	١٢	١٥	٢٠	٢٤	شهر	٤شهور	٦شهور

جدول رقم (٥) – طول النهار تبعا لخطوط العرض

وينعدم الإشعاع الشمسي عند القطب الشمالي خلال الفترة بين ٢٢ سبتمبر إلى ٢١مارس، لأن الشمس لا تشرق هناك خلال هذه المدة ويكون الإشعاع ظاهراً في المدة القصيرة بين ٢١ مارس و ٢٢ سبتمبر، ولكن رغم وجود هذا الإشعاع فإن حرارة الجو عند القطب تستمر دون نقطة الجليد طوال الصيف نظراً لميل الأشعة بدرجة كبيرة وضياع ما يفقد منها خلال الجو في إذابة بعض ثلوج الشتاء.

تغيرات المناخ وعلاقاتها بالبقع الشمسية:

لوحظ أن البقع الشمسية يتكرر حدوثها بوفرة في فترات تكاد تكون منتظمة، ومن أهم هذه الفترات مدة متوسطها ١١ سنة، ولقد أجريت عدة بحوث لإيجاد العلاقة بين التغيرات المشاهدة في نشاط جو الأرض وظهور هذه البقع، فلما كان الإشعاع الشمسي هو المصدر الرئيس للطاقات في جو الأرض فإنه من الطبيعي أن تؤثر التغيرات في قيم هذا الإشعاع على الظواهر الجوية وبالتالي على المناخ.

وتتغير كميات الإشعاع في بقعة ما من سطح الأرض تبعا لعوامل ثلاث هي:-

١- التغير في الوضع الظاهري للشمس، وهذه كما سبق تسبب اختلاف الفصول ونحوها مما هو مألوف كل عام.

٢- التغيرات الطارئة على قيمة الثابت الشمسي من آن لآخر، ذلك لأن توالي حدوث النهايات العظمى والنهايات الصغرى في عدد بقع الشمس يؤثر على قيمة هذا الثابت خارج جو الأرض، فتزداد قيمته وتتناقص تبعًا لازدياد عدد البقع أو تناقصها على الترتيب، ومن البديهي أن التغير في إشعاع الشمس الذي يطرأ في الفترة بين بلوغ الثابت الشمسي نهايته العظمى ثم بلوغه نهايته الدنيا إنما يتبعه تغير واضح في النشاط الجوي مدته نحو ١١ سنة.

أما العامل الثالث فهو جو الأرض نفسه ويرجع إلى تغير شفافية الهواء وبالتالي إلى تغير كميات الإشعاع الشمسي التي يمكن أن تصل

إلى سطح الأرض، وتتغير هذه الشفافية بفعل البراكين مثلًا وبفعل التفجرات الذرية التي تضيف إلى الجو غازات متأينة وأتربة لها أثرها في عوامل الامتصاص والتشتت والانعكاس سالفة الذكر، وسيأتي الكلام على الغبار الجوي فيما بعد.

الأشعة فوق البنفسجية:

هذه هي أقصر الأمواج التي ترسلها الشمس، ويتعذر عليها الوصول إلى سطح الأرض إلا إذا كان الجو نقيًا صافيًا، ومن المعتقد أن لهذه الأشعة أثر فعال في حفظ الصحة ومداواة الكثير من المرضى بالسل والكساح، وهي أمراض المناطق الرطبة الباردة، ولذا ينصحون بعمل حمامات الشمس في مصحات الجبال العالية.

وعلى العموم فإن التعرض لأشعة الشمس من الضروريات بمكان لسلامة الأبدان ومنع إصابتها بالنزلات والزكام، وإن الجنود الذين يعسكرون في الخيام وفي الخلاء يتمتعون بصحة أجود من القاطنين في الثكنات.

استخدام الطاقة الشمسية في الحياة العملية:

يضع العلماء الآن نصب أعينهم استخدام الطاقة الشمسية في كثير من مناحي الحياة العملية، مثل توليد القوى المحركة، وتوليد التيارات

الكهربائية وعمليات الطبخ والأفران الحرارية، وتسيير القاطرات والسفن ونحوها.

والفرن الشمسي ليس مجرد نظرية علمية، وإنما هو فرن عملي له أنواع متعددة، ومن أبسط هذه الأفران التي تستخدم في الطبخ ما هو على هيئة صندوق مكعب الشكل، جدرانه بداخلها صفائح الألومنيوم البراق التي يمكن أن تعد خصيصًا لتجميع الإشعاع الشمسي نحو بؤرة في الداخل، حيث توجد صفيحة سوداء (جسم أسود) يمتص بغزارة الطاقة المتجمعة التي ترفع من درجة حرارتها.

ويستطيع مثل هذا الفرن إنضاج اللحوم والخبز والحلويات والحساء على أحسن وجه وفي وقت مناسب، وهناك بحوث عديدة للوصول بمثل هذه الأفران إلى مرتبة أرقى وأدق، وقد خصصت بعض المؤسسات (مثل مؤسسة فورد) في هذا السبيل مبلغ ٤٥ ألف دولار لإجراء البحوث اللازمة للنهوض بهذا الفرن حتى يكون صالحًا لتداول الجماهير.

وفي صحاري شمال إفريقيا يمكن استخدام الطاقة الشمسية المباشرة أثناء النهار في تبخير مياه البحار والحصول منها على مياه عذبة، وأبسط الوسائل المستخدمة في هذا الغرض أن يوضع الماء المالح في أحواض تغطي بألواح من الزجاج الرقيق مثبتة في مستويات مائلة، ويمكن أن ينفذ خلالها الإشعاع الشمسي بسهولة. وعندما يتسلط الإشعاع الشمسي على سطح الماء المالح يتحول بعضه إلى أبخرة تصعد إلى الأسطح الزجاجية المائلة حيث لا تلبث أن يتكاثف جزء كبير منها

في صورة نقط تنمو وتتحد وتسيل إلى خزانات خاصة في نهايات الأسطح الزجاجية، حيث يمكن جمع الماء العذب، وقد استخدمت هذه الطريقة في الحرب الأخيرة في الصحراء الغربية، إلا أن المياه المتجمعة في مثل هذه الحالات لا تكفي إلا للشرب فقط، أو تستخدم في أغراض خاصة مثل ملء البطاريات والأجهزة العلمية.

ويستخدم الإشعاع الشمسي أيضاً في إعداد المراجل بواسطة مرايا معدنية أسطوانية مستطيلة، تدور مع الشمس، وتثبت في بؤرتها أنابيب معدنية يتحول فيها الماء إلى بخار يستخدم في إدارة الآلات الصغيرة التي يمكن بواسطتها مثلًا رفع المياه في أعمال الري.

إشعاعات الأرض وغلافها الجوي

الإشعاع من سطح الأرض:

سبق أن بينا أن الأجسام المادية (ومنها سطح الأرض وجوها والسحب العالقة فيه) ترسل أمواجًا أثيرية تختلف أطوالها وشدة الطاقة في كل موجة منها بحسب طبيعة المادة المشعة ودرجة حرارتها، ولذا فهي تفقد من طاقاتها وتبرد باستمرار ما لم تمدها الشمس بطاقات أخرى تعوض من هذا النقص.

وإذا اعتبرنا أن متوسط درجة حرارة سطح الأرض نحو ٣٠٠ درجة مطلقة (أو ٢٧ درجة مئوية) فإن طيف الإشعاع الأثيري الذي ينبعث من سطح الأرض تمتد أطوال أمواجه ما بين ٣ ميكرون و٧٠ ميكرون (أي إشعاعات حرارية) ، وتبلغ هذه الطاقة أقصاها في حزمة طول موجاتها ما بين ٧ ميكرون ونحو ١٥ ميكرون – راجع شكل (٨) ، تفقدهما الأرض إلى الفضاء لولا أن الجو يعمل على الاحتفاظ بأغلبها إذا توفرت فيه عوامل جوية معينة مثل السحب المنخفضة ونحوها.

ومن نتائج الإشعاع الحراري لسطح الأرض ليلًا انخفاض درجة الحرارة تدريجيًا حتى تصل إلى نهايتها الصغرى عند الفجر، وكثيراً ما يتبع ذلك تكون (الندى) خاصة إذا سنكت الريح، والندى قطرات من الماء تترسب على الأجسام الصلبة الصغيرة التي على سطح الأرض، أو التي

على ارتفاعات صغيرة نتيجة التبريد ليلًا بالإشعاع الحراري، أما إذا كان الهواء متحركًا بسرعة ملموسة فإنه قد يكون من نتائج هذا التبريد ظهور (الضباب) أو "الشابورة المائية" بدلًا من الندى، وجميعها ترسيب لأبخرة المياه التي في طبقات الجو الملاصقة لسطح الأرض نتيجة البرودة بالإشعاع أثناء الليل.

الإشعاع من الجو:

تنحصر هذه الطاقة في مجموعة الإشعاعات التي ترسلها الغازات المختلفة المكونة للغلاف الجوي، ويتميز بخار الماء ثم غاز ثاني أكسيد الكربون في الجو بوفرة إشعاعاته الحرارية التي تنتشر في جميع الاتجاهات، فيفقد بعضها في الفضاء بينما يرتد البعض الآخر إلى سطح الأرض، فنجد مثلًا أن غاز ثاني أكسيد الكربون يوصل إلى سطح الأرض ما يقرب من ٢٠ % من طاقات الإشعاع التي مصدرها الجو، أما بخار الماء فيرسل نحواً من ٥٠ % إلى ٦٠ % من هذه الطاقات، وما بقي وقدره ١٥ % إلى نحو ٣٠ % ترسله باقي غازات الجو بأسرها.

ومهما يكن من شيء فإن هذه الإشعاعات الجوية ضئيلة في جملتها إذا قورنت بالإشعاع الشمسي وذلك لأن كمياتها صغيرة جداً بسبب برودة الجو نسبيًا وخاصة في طبقاته العليا، ولقد قدر مثلًا أن طبقات الجو الممتدة بين نحو كيلو متر واحد إلى ٢٥ كيلو مترًا تبرد بواسطة الإشعاع بمعدل قدره ١ إلى ٣ درجة مئوية في اليوم بفرض صفاء السماء وخلوها من السحب، ومن المعروف أيضًا أن غاز الأوزون

الموجود في الطبقات العليا يمتص من الإشعاع الشمسي كميات ضئيلة، إلا إنها تكفي لمعادلة النقص بما تشعه هذه الطبقات فتظل محتفظة بتوازنها الحراري على مر السنين.

الإشعاع من السحب:

إذا وصل سمك السحابة نحو ٥٠ مترًا اعتبرت جسمًا معتمًا يشع تمامًا مثل الجسم الأسود الذي في نفس درجة حرارة السحاب، ولهذا فإن إشعاعات السحب تفوق كثيراً في كمياتها إشعاعات جو الأرض فتفقد قمم السحب المعرضة للفضاء من طاقاتها بالإشعاع أثناء الليل أكثر مما تكسب من الجو، وتهبط بذلك درجات حرارتها، وفي العادة ينحصر هذا التبريد خلال طبقات رقيقة في قمم السحب، وكلما كانت هذه القمم مرتفعة في الجو كلما كان التبريد فيها عظيمًا، وذلك لأن إشعاعات الجو التي تعوض بعض هذا النقص تقل بالارتفاع نظراً لما يصحب زيادة الارتفاع من نقص في كميات بخار الماء وثاني أوكسيد الكربون في الجو وهما مصدر السواد الأعظم في الإشعاع الجوي.

أما قاعدة السحابة فإنها في نفس الوقت الذي تشع فيه تصل إليها الطاقة المنبعثة من سطح الأرض، وهذه الأخيرة بطبيعة الحال أكبر من إشعاعات قاعدة السحابة لأن درجة حرارة سطح الأرض أكبر من درجة حرارة السحابة، وينتج عن ذلك ارتفاع درجة حرارة قاعدة السحابة بالتدريج، وكلما زاد علو السحابة في الجو كلما قلت كمية ما تشعه قاعدتها نظراً لانخفاض درجة الحرارة مع الارتفاع، وبذلك تزداد عملية

التسخين في القاعدة، وكثيرًا ما تؤدي هذه الظاهرة (تبريد القمة وتسخين القاعدة أثناء الليل) إلى اختفاء بعض السحب العالية ليلًا إلى قرب الظهر، وهذا ما يحدث خاصة في الصحاري وترسل قواعد السحب بدورها إشعاعات حرارية إلى سطح الأرض تعمل على نقص الطاقة التي يفقدها السطح أثناء الليل، ولهذا فإن سطح الأرض يظل حافظًا لبعض حرارته أثناء الليل إذا تلبدت السماء بالسحب.

ولما كان من المشاهد أن متوسط درجة حرارة سطح الأرض وجوها لا يتغيران بمرور السنين فإن معنى ذلك أن ما يمتصانه من الإشعاع الشمسي كل عام يجب أن يعادل في المتوسط ما يفقدانه من حرارة إلى الفضاء بطريق الإشعاع، بالإضافة إلى طاقات الحركة والطاقة الكهربائية ونحوها مما يتطلبه النشاط الجوي بأسره من عواصف وأنواء.. ولقد قدر بالحساب أنه إذا اختفت الشمس فجأة توقفت جميع ظواهر الجو وعم فيه الجليد والاختناق خلال سبعة أيام فقط بوقوف الرياح ودوراتها.

الجو كآلة حرارية:

يعتبر الجو آلة حرارية تتحرك أجزاؤها وتنشط بالنسبة لبعضها البعض، ومن صور هذه الحركة الدورة العامة للرياح ومنها أيضاً الدورات المحلية مثل العواصف والأنواء ونحوها، وكلها تستلزم مصادر دائمة للطاقة في جو الأرض، ولما كان المصدر الوحيد لهذه الطاقة هو الإشعاع الشمسي فإن الجو يجب أن يستوعبها إما بطريق مباشر أو بطريقة غير مباشرة، ويتضمن الطريق المباشر امتصاص الجو للإشعاعات الشمسية خاصة بعد تناثرها فيه، أما الطريقة غير المباشرة فتأتي عن سطح الأرض بعد تسخينه بالإشعاع الشمسي، بأن يتم انتقال هذه الحرارة المكتسبة إلى الجو بوسائل أهمها التوصيل الحراري، وتيارات الحمل وعمليات البخر والتكاثف وسيأتي بيانها.

عامل الامتصاص:

يمتص الأوكسجين من الإشعاع الشمسي عند اختراقه طبقات الجو العليا كثيرًا من الطاقة فوق البنفسجية في حزمة امتصاص تمتد من ٠,١٧ ميكرون إلى ٠,٢ ميكرون وتعرف حزمة الامتصاص هذه باسم "حزمة امتصاص شومان" ، وتتحول الطاقة فوق البنفسجية بعد امتصاصها إلى طاقة حرارية وهي من ألزم ما يكون لثبوت درجات الحرارة في الجو

العلوي، خاصة على أبعاد أكبر من ٨٠ كيلو متر فوق سطح البحر وتعوض ما تفقده تلك الطبقات من طاقات بواسطة الإشعاع الحراري.

أما الأوزون فهو يمتص بشدة وغزارة في حزمة امتصاص تعرف باسم "حزمة هاتلي" وتحدها الموجتان ٠,٢ ميكرون ونحو ٠,٣٢ ميكرون ، ويبلغ امتصاص الأوزون أقصاه عند الموجة ٠,٢٥ ميكرون ولامتصاص الأوزون في حزمة هارتلي هذه علاقة وثيقة باختفاء طيف الشمس قرب الموجة ٠,٢٩ ميكرون إذ إنها تمتص في جو الأرض، كما أن هذا الامتصاص يسبب تسخين الجو بشكل ظاهر في تلك الطبقات.

وفي المتوسط يمتص غاز الأوكسجين وغاز الأوزون في الجو نحو ٢,١ % من الإشعاع الشمسي يومياً، وهي تكفي لحفظ حالة التوازن الحراري في تلك الطبقات وتعوض النقص نتيجة لإشعاعاتها كما سبق.

أما في طبقات الجو السفلى حيث يقل ورود الطاقة فوق البنفسجية لامتصاص أغلبها في الطبقات العليا فلا يلعب الأوكسجين ولا الأوزون أي دور في عمليات الامتصاص، وإنما الذي يقوم بهذا الدور هو بخار الماء الذي يكثر تواجده في الطبقات القريبة من سطح الأرض الذي هو مصدر أبخرة المياه في الجو. ولبخار الماء سلسلة من حزم الامتصاص تبدأ عند الموجة الضوئية ٠,٧٢ ميكرون ثم في الطيف الحراري عند الأمواج ٠,٨١ – ٠,٩٢ – ١,١٣ – ١,٤٢ – ١,٨٩ – ٢,٧ ثم ٣,٢ ميكرون.

وتتوقف مقادير الطاقة الممتصة على كمية بخار الماء العالق في الهواء بمعنى أن الامتصاص يشتد كلما كثرت أبخرة المياه والعكس بالعكس، ولقد قدر حديثاً أن نحوا من ٦ % إلى ٨ % من الإشعاع الشمسي يمتص يوميًا بواسطة بخار الماء العالق في الجو السفلي خاصة.

وإذا حسبنا مقدار الامتصاص الذي تحدثه المواد الغريبة التي تعلق في الجو من آن لآخر مثل الغبار ونحوه، معتمدين على القياسات الدقيقة لهذه العوامل، وجدنا أنها بعد أخذ متوسطاتها على الكرة الأرضية لا تمتص أكثر من ٢ % من الطاقة الشمسية، ومعنى ذلك أن مجموع ما يمتص بكافة مكونات الجو في جميع طبقاته لا يتعدى في المتوسط ٩% إلى ١٢% من الإشعاع الشمسي، أي أنه بصرف النظر عما تعكسه السحب التي تسبح في الجو الأرض فإن الإشعاع الشمسي يكاد يخترق بأكمله جو الأرض دون أن يفقد بعامل الامتصاص أكثر من ١٢% من قيمته الأصلية، وعامل الامتصاص بمفرده إذن لا يلعب دورًا يذكر في نشاط الجو ولا يتعدى أثره حفظ التوازن الحراري في الطبقات العليا.

عامل التشتت أو التناثر وزرقة السماء:

تعاني بعض الإشعاعات الشمسية ظاهرة التشتت أو التناثر في أرجاء الجو وذلك بواسطة جزيئات الهواء وجزيئات بخار الماء ثم حبات أو ذرات الأتربة والرمال العالقة في الهواء، ومن المعروف أن ظاهرة التشتت هذه لا تكتمل إلا للأمواج الأثيرية التي أطوالها أصغر من أقطار

جزيئات الوسط العامل على التناثر وإلا حدثت عدة انعكاسات فقط للموجة بدلًا من تناثرها، كما أن من المعروف أيضاً أن كمية الطاقة التي تتناثر تتناسب عكسياً مع الأُس الرابع لطول الموجة المتناثرة، أي أنه كلما صغر طول الموجة كلما زادت كمياتها المشتتة.

ولما كانت الأمواج الزرقاء أي اللون الأزرق وطول موجته نحو ٠,٤٨ كما في جدول رقم (٢) أغزر الطاقات في حزمة الإشعاع الشمسي، كما أنها من أصغرها طولًا فإنها بمجرد دخولها جو الأرض تغمره بالزرقة المشتتة في كل اتجاه فيبدو كقبة زرقاء.

الانعكاس بواسطة السحب:

تختلف قدرة السحب على عكس الإشعاع الشمسي (أي رده إلى الفضاء) باختلاف أنواع[*] هذه السحب وتباين سمكها، ويعطي جدول رقم (٦) بياناً بذلك لبعض الحالات الشائعة لأنواع متباينة من السحب.

نوع السحاب	حالة السماء	النسبة المئوية بين الطاقة المنعكسة والطاقة الأصلية
ركام طبقي طبقي متوسط الارتفاع طبقي متوسط	مغطاة كلها بالسحب بالسماء فجوات	٥٦ %إلى ٨١% ١٧% إلى ٣٦% ٣٩% إلى ٥٩% ٤٤% إلى ٦٤%

الارتفاع طبقي عالي	مغطاة بالسحب كلها مغطاة كلها بالسحب	

جدول رقم (٦) قدرة السحب على عكس الإشعاع الشمسي

ولقد وجد أنه بأخذ متوسطات كميات السحب في كافة أرجاء الأرض، على اختلاف ارتفاعاتها وتباين أنواعها طول العام، يغطي السحاب في المتوسط نحو ٠,٥٤ من السماء وهو يرد بطريق الانعكاس إلى الفضاء نحو ٢٣,٣% من قيمة الإشعاع الشمسي الساقط، أما من حيث الامتصاص فإن مكونات هذه السحب لا تمتص أكثر من ٢٠% من الطاقة الشمسية الواقعة عليها.

طاقات الإشعاع عند سطح الأرض:

بقي أن تعرف ما يحدث للطاقات الشمسية التي تصل سطح الأرض بعد أن تتناقص شدتها في الجو بجميع العوامل التي ذكرناها، ومن الطبيعي أن يعكس أو يرد بعض هذه الطاقة للفضاء بينما يمتص البعض الآخر أو يستخدم في عمليات التبخير من الأسطح المائية، وفي الواقع تختلف قوة سطح الأرض في رد ما يفد إليها من الإشعاع الشمسي المباشر وغير المباشر (أي المتناثرة في جو الأرض) بطريق الانعكاس باختلاف طبيعة هذا السطح اختلافا بيناً.

فإذا كان السطح مغطى بالحشائش فإن قوة الانعكاس هذه تتراوح بين ٣% إلى ١٠% بينما هي في حالة السطح المغطى بالثلج تصل إلى ٩٠% إذا كان الثلج حديث التكون وإلى ٥٠% في حالات الثلج القديم، أما أسطح المياه فإن قوة ردها للإشعاع الشمسي يتوقف على ميل الأشعة وعلى حالة السماء، فهي في حالات السماء الخالية من السحب لا تتعدى ٤% إذا كانت زاوية ميل الأشعة ٤٣ ْ ولكنها تزداد إلى ٤٦,٥% إذا كانت زاوية الميل ٨٤,٥ ْ. أما في حالات السماء الملبدة بالسحب فتكاد قوة الانعكاس تكون ثابتة للأسطح المائية ومتوسط قيمتها نحو ١٠% ولما كانت أربعة أخماس القشرة الأرضية تغطيها المياه، كما تختلف زوايا ميل الإشعاع الشمسي اختلافا بيناً على هذه الأسطح المائية أثناء اليوم وعلى مدار العام، فقد قدر أن متوسط ما يرده سطح الأرض بأجمعه من الإشعاع الساقط عليه لا يتعدى ٢,٣%، أما الجزء الباقي فيمتص بأسره ويتحول كله إلى طاقة حرارية ترفع من درجة حرارة سطح الأرض (اليابس والماء) أثناء النهار، إلى جانب أنه في حالات الأسطح المائية يستنفد جزء في عمليات التبخير (يلزم لتبخير جرام واحد من ماء البحر نحو ٦٠٠ سعر من الحرارة) ، وقد وجد أن متوسط قيمة الطاقة المستنفدة في عمليات التبخير هذه تبلغ نحو ٣٣% من الإشعاع الوافد إلى سطح الماء.

ويستفيد اليابس بما يمتصه من الأشعة الشمسية خلال قشرة رقيقة جداً بسبب عدم شفافيته، ولهذا ترتفع درجة حرارة سطح اليابس سريعاً في النهار، كما ترتفع درجة الحرارة داخل القارات أثناء الصيف بدرجة

كبيرة، أما في حالات أسطح المياه فإن الإشعاع الشمسي يمكنه، نظراً لعظم شفافية الماء، أن ينفذ خلال طبقات سميكة نسبياً من الماء قبل أن يتم امتصاصه، فهو بذلك يعمل على تسخين طبقات من الماء سميكة بالنسبة لليابس، هذا إلى جانب أنه في حالات الأسطح المائية يستنفد في المتوسط نحو ثلث الطاقة في التبخير، كما أن الحرارة النوعية للماء أكبر بكثير من حرارة اليابس النوعية وسطح الماء قابل للتحرك، ولكل هذه الأسباب لا ترتفع درجة الحرارة على البحار والمحيطات أثناء الصيف بنفس القدر الذي يشاهد داخل القارات المتاخمة، وتستجيب المحيطات ببطء للتغيرات الحرارية.

وعندما ترتفع درجة حرارة سطح الأرض (اليابس والماء) بامتصاص الإشعاع الشمسي على النحو الذي وضحناه تبدأ قصة جديدة في تسخين الهواء الجوي ومده بالطاقة الحرارية اللازمة لنشاطه، وتتضمن هذه القصة تلخيص في عوامل التوصيل الحراري وتيارات الحمل ثم عمليات التبخير والتكاثف، ومجمل هذا كله أن سطح الأرض هو مصدر الحرارة وبالتالي مصدر الطاقات في جو الأرض، أما الإشعاع الشمسي المباشر فهو ينفذ خلال الهواء دون أن يفقد من كمياته نسبة تذكر حتى يصل إلى سطح الأرض فلا يرتد منه إلا القليل، ويمتص الجزء الأكبر ويتحول إلى حرارة ترفع من درجة حرارة القشرة الأرضية عمومًا، وهذا يفسر لنا الحقيقة المشاهدة وهي إننا كلما بعدنا عن سطح الأرض كلما قلت درجة الحرارة في الجو عمومًا.

التوصيل الحراري:

هذه ظاهرة طبيعية تشاهد عندما يلامس جسم مادي ساخن آخر أبرد منه فإن الحرارة تسرى من الجسم الساخن إلى الجسم البارد، ويعمل التوصيل الحراري على تسخين طبقات الهواء الملاصق لسطح الأرض ولكن يقتصر عمل هذه الظاهرة غالباً على تسخين طبقة رقيقة، كما أن هذا التسخين لا يكون عادة بدرجة واحدة على مساحات متسعة، وذلك بسبب اختلاف طبيعة أجزاء سطح الأرض وعدم التجانس التام بينها.

الحركة غير الانسيابية:

الخواء الذي يهب على مساحة واسعة بسرعة غير خفيفة لا تظل أجزاؤه حافظة مستواها، أي أنه لا ينساب في مستويات أفقية بل تصعد بعض أجزاء منه وتهبط أخرى في نفس الوقت، وخاصة تلك الأجزاء التي تتواجد في طريق العقبات السطحية ونحوها، أو التي لا تستقر بسبب التغير السريع في سرعة الهواء في الطبقات السطحية، أو التي تقل كثافتها نتيجة إضافة بخار الماء إليها، أو سخونتها النسبية أو إضافة حبيبات من الغبار أو الرمال الساخنة، وهكذا نرى أن هناك حركة رأسية إلى جانب الحركة الأفقية تعمل دائبة على توزيع الحرارة والرطوبة والأتربة ونحوها إلى ارتفاعات مختلفة فوق سطح الأرض قد تصل إلى ١٠٠٠ متر.

وتعرف هذه الحركة باسم "الحركة غير الانسيابية" لأنها لا تأخذ شكل تيار معين، وتتلخص في صعود أجزاء محدودة من الهواء الجوي الملاصق لسطح الأرض وهبوط أخرى من الهواء العلوي نسبيًا محلها، وهكذا تتمخض هذه العملية عن نزح حرارة سطح الأرض المكتسبة من الإشعاع الشمسي وطرح أبخرة المياه ونحوها خلال طبقات سميكة نوعًا ما، ويساعد على هذه الحركة ازدياد سرعة الهواء، أو وجود عوائق ومرتفعات على سطح الأرض ومنها أمواج البحر العالية، أما إذا صعد الهواء في صورة تيار مستمر فإنه يطلق عليه اسم "تيار الحمل" لأنه يحمل الحرارة والأبخرة إلى طبقات عالية، والسبب المباشر لتيارات الحمل تسخين سطح الأرض بالإشعاع الشمسي مما يولد التيارات الصاعدة أثناء النهار، وهذه تشتد في حالات عدم الاستقرار الجوي وخاصة إذا حدث التكاثف في صورة سحب وأمطار وانطلقت الحرارة الكامنة للتبخر من آن لآخر.

التبخر والتكاثف:

تظل الطاقة الشمسية المستخدمة في تبخير المياه من البحار والمحيطات ونحوها كامنة في أبخرة المياه في صورة طاقة حرارية حتى يحدث التكاثف داخل السحب ونحوها، فتنطلق هذه الحرارة وتسبب رفع درجة حرارة طبقات الهواء التي يحدث فيها التكاثف، وهكذا تنتقل الحرارة من السطح إلى طبقات الجو العليا بكميات وافرة ويمكن أن توزع بعد ذلك على كثير من البقاع بواسطة دورات الرياح.

وقد قدر (فست) أن متوسط ما يكسبه جو الأرض من الطاقة بعمليات التكاثف هذه يعادل نحو ٠,٠٨٦ سعر لكل سنتيمتر مربع في الدقيقة، بينما لا تتعدى كمية الطاقة التي تكتسب بالتوصيل الحراري وغيره من العوامل السطحية الأخرى ٠,٠١ سعر لكل سنتيمتر مربع في الدقيقة، ومعنى ذلك أن الجزء الأكبر من الطاقة اللازمة للنشاط الجوي بأسره والتي تدفع بالرياح في دورتها العامة إنما يكتسب من المحيطات بواسطة التبخر، ولما كان التبخر هذا إنما يبلغ عنفوانه وأشده في المناطق الحارة فإنه من الطبيعي أن يكتسب الجزء الأكبر من هذه الطاقة من المحيطات في المناطق الحارة، حيث تهب الرياح التجارية وتعمل على توزيعها في الجو.

التيارات المائية:

المحيطات هي الوسط الذي يستجيب إلى الرياح ودوراتها، كما أنها أهم مصادر بخار الماء في الجو، ولهذا كانت العلاقة بين الجو والتيارات المائية من أهم الدراسات، لأن هذه العلاقة تحدد المواسم والبقاع التي تزداد فيها عمليات التبخير، كما أن التبادل الحراري بين الجو والمحيطات وتياراتها المائية من أهم العوامل التي تؤثر على المناخ.

وتتوقف أهم الخواص الطبيعية لمياه البحار والمحيطات على درجة الحرارة ثم "الملوحة" ، والملوحة تؤثر على نقطة التجمد وقابلية التوصيل الحراري، كما أن الجسيمات الصغيرة التي تعلق بالمياه تزيد من قيمة تشتت الإشعاعات الشمسية وبالتالي تزداد عمليات الامتصاص، كما أن

تأثير التيارات المائية يساعد عمومًا على وجود توازن في حرارة المحيطات طول العام.

وتتراوح درجة الحرارة في المحيطات ما بين ٣٠ ْم ونحو ٢ ْم تحت الصفر، أما في المياه المقفلة التي تحيطها الأراضي فهي تختلف كثيراً وتتوقف إلى حد بعيد على القرب أو البعد عن خط الاستواء.

الرياح التجارية وسط أساسي لتوزيع الطاقة في جو الأرض:

تمتاز الرياح التجارية بهبوبها على المناطق الحارة التي تكاد تتعامد عليها الإشعاعات الشمسية طول العام، كما تعرف بشدتها وثبوتها النسبي على المحيطات حيث يكتسب الجو أكبر أجزاء طاقاته اللازمة لنشاطه، وحيث يلازم الرياح التجارية ظهور مجاميع مميزة من السحب الركامية، وقد اهتم العلماء برصد هذه السحب الركامية، خاصة وأنها السحب التي يمكن أن تنمو رأسيًا إلى ارتفاعات شاهقة، كما أنها يمكن أن تسبب عواصف الرعد التي يخشاها الملاحون، وأمكن دراسة تكونها ووسائل انتقال الحرارة وأبخرة المياه من أسطح المحيطات إلى طبقات ظهورها، ووجد أنها تلعب دوراً هامًا في تولد واستمرار دورة الرياح العامة، وتسمى هذه المجاميع المميزة من السحب الركامية باسم "ركامي التجاريات"، وهي تتواجد على المحيطات ما بين خطي عرض ١٠ ْ و ٣٠ ْ شمالًا وجنوبًا.

وأهم ما توصلنا إليه من نتائج أن تيار الرياح التجارية ينقسم من تلقاء نفسه إلى طبقات متباينة من حيث العناصر الجوية، وخاصة بخار الماء، وتوجد هذه الطبقات بعضها فوق بعض، ويتبع ذلك تولد وسائل طبيعية تعمل دائبة على حمل الحرارة وأبخرة المياه من أسطح المحيطات إلى الطبقات العليا، ولما كانت عمليات التبخير على أشدها في مناطق هبوب التجاريات فإنه قدر بالحساب أن ما يقرب من ٩٠% من طاقة الإشعاع الشمسي التي تصل هذه المناطق تستخدم في عمليات التبخير والتسخين، وتتحول إلى طاقة كامنة للبخر تصعد مع الأبخرة إلى طبقات الجو العليا، ثم تنطلق إلى حرارة عند التكاثف في مناطق تكون السحب، حيثما تواجدت هذه السحب.

وعندما تهب الرياح التجارية بشدة فوق أمواج المحيطات تشتد عمليات التبخر وتتشبع الطبقات السفلى من الجو بأبخرة المياه، كما تنشط في نفس الوقت الحركات غير الانسيابية في الجو وتعمل على نقل أبخرة المياه إلى طبقات أعلى، وفي العادة لا تزيد الارتفاعات التي يمكن أن تنقل إليها أبخرة المياه والحرارة ونحوها بواسطة الحركات غير الانسيابية في مثل هذه الأحوال عن في المتوسط ٧٠٠متر فوق سطح الماء. ولهذا يوجد عامل آخر يدأب على الاستمرار في نزح أبخرة المياه إلى الطبقات العليا، وهو يبدأ العمل بمجرد ظهور مجاميع السحب الركامية السابقة الذكر.

وتمتد "ركامي التجاريات" إلى ارتفاعات تبلغ عادة ما بين ٧٠٠متر للقاعدة ونحو ٢٥٠٠متر للقمة. ويمكن لهذه السحب أن تحمل وتدفع

باستمرار أغلب الأبخرة إلى أعلى في مناطق تكونها وكيفية ذلك أن الجو ينقسم من تلقاء نفسه إلى مناطق يهبط فيها الهواء وأخرى يصعد منها، وهذه الأخيرة هي مناطق تولد السحب وتكون كل سحابة عندئذ أشبه شيء بنافورة الهواء التي تستمر فيها حركة الأهوية الرطبة إلى أعلى ليلا ونهاراً حتى تصل إلى القمة، وتحد هذه القمة عادة بتواجد انقلاب حراري علوي يعرف باسم "انقلاب التجاريات" ، وهو يمثل غالبًا منطقة من التجاريات تتميز بجفافها الشديد، ولذلك تختفي داخلها السحب عادة إلا قمم السحب النامية أو الشاهقة التي تستطيع بما فيها من نشاط ومكونات أن تخترق هذه الطبقة ثم لا تلبث أن تتبخر فيها هذه المكونات، فتمدها من آن لآخر بأبخرة المياه الآتية من السطح، وقد لوحظ أيضًا أنه في حالات الاضطرابات الجوية في مناطق التجاريات يكون الانقلاب الحراري العلوي على ارتفاعات شاهقة وتستطيع السحب الركامية أن تنمو إلى طبقات أعلى من الحالات العادية، وهي بذلك تستطيع أيضًا أن تغذي تلك الارتفاعات الشاهقة من الجو بالأبخرة، ومن ثم بالحرارة.

ولكي نأخذ فكرة إجمالية عن كميات الطاقة التي تنقلها "مجموعات ركامي التجاريات" نضرب مثلًا بأن إعصاراً واحدًا من أعاصير المناطق الحارة التي تتواجد في هذه المناطق يستنفد من الطاقة ما يعادل القيمة التي تولدها ٣٠ ألف قنبلة ذرية، كما أن مساحة قدرها كيلو مترًا مربعًا واحدًا يغطى نصفها فقط بسحب ركامي التجاريات يمكن بطريقة نزح أبخرة المياه إلى أعلى أن تمد الجو بحرارة تعادل في الدقيقة

الواحدة ما ينطلق من مفرقعات الديناميت التي زنتها ١٠٠٠ رطل، وإذا جمعنا جميع مساحات التجاريات فوق المحيطات في المناطق الحارة فإننا بذلك نحصل على كمية من الطاقة نزحتها هذه السحب تعادل أربعين أو خمسين مرة قدر الطاقة اللازمة لدورة الرياح العامة! وتفقد أغلب هذه الطاقة بالإشعاع والاحتكاك ونحوها..

حالات الاستقرار وعدم الاستقرار في الجو

تعريف حالة الاستقرار:

إذا أزيح جسم عن موضعه مسافة صغيرة ثم ترك فرجع إلى موضعه الأصلي من تلقاء نفسه سميت حالته مستقرة، وإذا استقر في موضعه الجديد سميت حالته متعادلة، أما إذا استمر في حركته إلى مواضع نائية فإن الحالة تسمى غير مستقرة، وأبسط الأمثلة على ذلك (بلية) صغيرة موضوعة في قاع (سلطانية) إذا ما أزيحت عن القاع رجعت إليه، فهي بذلك في حالة استقرار ولكن إذا قلبت (السلطانية) على فوهتها ووضعت (البلية) باحتراس على ظهرها حتى سكنت ثم أزيحت بعد ذلك مسافة صغيرة فإنها تتدحرج إلى أسفل وتستمر في حركتها وهي بذلك في حالة عدم استقرار، أما حالة التعادل فتمثلها (البلية) الموضوعة فوق لوح في مستوى أفقي فإنها إذا أزيحت بخفة إلى أي موضع تستقر في موضعها الجديد دون أن تعود إلى موضعها الأصلي، أو تستمر في التحرك إلى مسافة نائية.

وهناك حالات شبيهة بذلك في الجو عندما تتحرك أجزاء منه في الاتجاه الرأسي (أي تصعد مثلًا)، والمحدد في كل حالة هو الكثافة وبالتالي درجة الحرارة، فمن المعروف أن الكثافة تزداد كلما قلت درجة الحرارة والعكس بالعكس كما هو واضح في الجدول رقم (٧).

الضغط ملليمتر للزئبق	درجة الحرارة – درجات مطلقة					
	٢٥٠ °	٢٦٠ °	٢٧٠ °	٢٨٠ °	٢٩٠ °	٣٠٠ °
٧٥٠	١٣٩٤	١٣٤٠	١٢٩٠	١٢٤٤	١٢٠١	١١٦١
٦٧٥	١٢٥٤	١٢٠٦	١١٦١	١١٢٠	١٨٠١	١٠٤٥
٦٠٠	١١١٥	١٠٧٢	١٠٣٢	٩٩٥	٩٥١	٩٢٩
٥٢٥	٩٧٦	٩٣٨	٩٠٣	٨٧١	٨٤١	٨١٣

جدول رقم (٧)

كتلة المتر المكعب من الهواء الجاف تحت ضغوط ودرجات من الحرارة المختلفة

ومن البديهي أنه إذا كانت نتيجة الإزاحة إلى أعلى فإن الجزء المتحرك يغمره في وضعه الجديد وسط من الهواء أكبر كثافة (أو أقل في درجة الحرارة) وهذا الجزء المتحرك يكون خفيفًا بالنسبة للوسط الذي تواجد فيه فيستمر في الانطلاق إلى أعلى ويكون الجو في حالة عدم الاستقرار، أما إذا كانت كثافة الوسط أقل من كثافة الجزء المتحرك بعد إزاحته (أو أكبر منه في درجة الحرارة) فإن هذا الجزء يهبط إلى أسفل حتى يستقر في موضعه الأصلي، ويكون مثل هذا الجو في حالة الاستقرار، ويحدث التعادل إذا تساوت كثافة (أو درجة حرارة) الجزء

المزاح إلى أعلى مع كثافة (أو درجة حرارة) الوسط في أي وضع من الأوضاع.

نستنتج من هذا أن المحدد الأول لحالات الاستقرار أو عدمها في الجو هو توزيع درجات الحرارة مع الارتفاع في هذا الجو، ويتغير هذا التوزيع بوجه عام تغيراً شديداً باختلاف الزمان والمكان، أما الجزء الذي نزيحه إلى أعلى فإن درجة حرارته إنما تتغير تبعا للمعدل الذاتي السابق ذكره وهو درجة واحدة مئوية لكل ١٠٠متر إذا لم يحدث التكاثف، ونحو ٠,٦ درجة مئوية إذا حصل التكاثف.

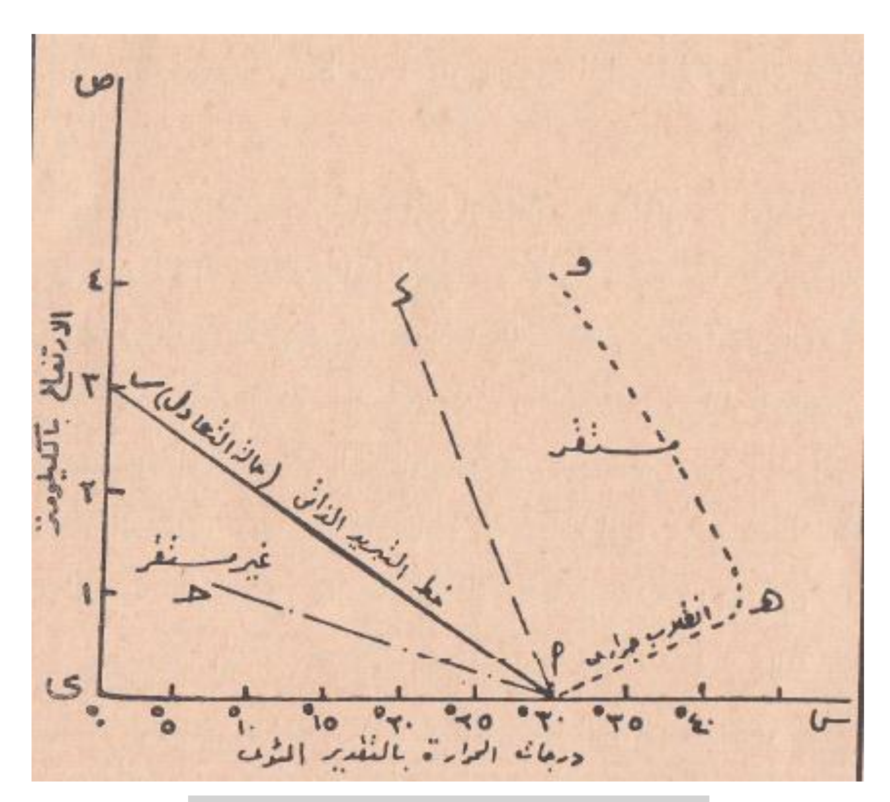
التوزيعات الفعلية لدرجة الحرارة مع الارتفاع في الجو:

نظراً لأن سطح الأرض هو المصدر الحقيقي للحرارة في الجو فإنه في أغلب الحالات تهبط درجة حرارة الجو كلما صعدنا فيه، ويتغير معدل النقص في درجة الحرارة مع الارتفاع (أي الهبوط في درجات الحرارة المئوية لكل ١٠٠متر مثلًا) تبعًا للحالة الجوية السائدة وكذلك تبعاً للارتفاع نفسه، وهو في المتوسط (أي برصد حالات متغيرة ثم أخذ متوسطها) يبلع نحو ٠,٥ درجة مئوية لكل ١٠٠متر في الأربعة كيلو مترات الأولى ونحو ٠,٦٥ ْ في الطبقة ما بين ٤ إلى ٩ كيلو مترات، ونحو المعدل الذاتي الجاف إلى ١٥ كيلو مترًا، ثم يضعف هبوط درجة الحرارة من الارتفاع بعد ذلك أو تظل درجة الحرارة ثابتة خلال طبقات سميكة (طبقات تجمع الأوزون) قبل أن تستمر في الانخفاض في أعالي الجو.

وتسمى الطبقة من الجو المحصورة بين سطح الأرض والارتفاع الذي يقف عنده هبوط درجة الحرارة باسم "التروبوسفير" أما الطبقات التي تعلوها فتكون "الستراتوسفير" وسمكها نحو ٨٠ كيلو مترًا تعلوها طبقة ثالثة هي "الأيونوسفير" ، ويطلق على الحد الفاصل بين "التروبوسفير" و"الستراتوسفير" اسم "التروبوبوز" ويتراوح ارتفاعه من نحو ١٨ كيلو مترًا عند خط الاستواء إلى نحو ٩ كيلو مترات عند القطبين، وبديهي أن تكون طبقة "التروبوسفير" هي منطقة التقلبات الجوية، إذ ينحصر فيها التبخير وتظهر فيها السحب وتتولد فيها العواصف والأعاصير.

وبصرف النظر عن هذه التوزيعات العامة فإن الطبقة من الجو التي تسمى التروبوسفير هي منطقة عدم الاستقرار وتقلبات الحرارة والرطوبة ونحوها، فمثلًا إذا اندفع هواء من بقعة باردة على سطح الأرض (مثل أوروبا في الشتاء) إلى منطقة ساخنة نسبيًا (مثل البحر الأبيض المتوسط) فإن طبقات هذا الهواء السفلى تسخن بشكل ظاهر خاصة الملامسة منها لسطح البحر، ويتبع ذلك أن يصبح فيها معدل تغير درجة الحرارة مع الارتفاع كبيرًا جدًا قد يصل إلى ٢ ْم لكل ١٠٠متر، وعلى العكس من ذلك مثلًا إذا كانت الأحوال الجوية المحلية مما يسبب انطلاق هواء ساخن إلى منطقة باردة فإن درجة الحرارة قد تزداد مع الارتفاع خلال الطبقة السفلى ويسمى هذا التوزيع "الانقلاب الحراري" ، وهو يتكون عادة أثناء الليل حين يبرد سطح الأرض وتسري هذه البرودة إلى الهواء الجوي (راجع الخط أ هـ و في شكل ٩).

يتضح إذن أنه لمعرفة حالات الاستقرار أو عدمها في الجو يجب أن نقيس درجات الحرارة الفعلية على الارتفاعات المختلفة، ويتم ذلك عادة إما بالطائرات أو بالبالونات التي تحمل معها ترمومترات خاصة لهذا الغرض، وتؤخذ قراءة الترمومتر عند ارتفاعات خاصة إلى مسافات عالية، ثم يرسم خط بياني يبين توزيع درجات الحرارة مع الارتفاع في كل حالة كما هو موضح في شكل (٩) ، أو قد تستعمل لهذا الغرض خرائط معينة لها قيمتها العظمى عند دراسة العواصف وبخاصة الرعد والمطر الغزير وتيارات الحمل التي يصحبها حركات عتيقة للهواء في الاتجاه الرأسي.



شكل (٩) التمثيل البياني للإستقرار وعدمه في الجو

التمثيل البياني:

لزيادة فهم هذا الموضوع وتتبعه انظر رسم شكل (٩) وفيه مثلث تغيرات الحرارة في الأهوية المتحركة، في الاتجاه الرأسي بالخط أ ب وهو، بفرض عدم حدوث التكاثف، يمثل التغير الذاتي الجاف أي ١٠ ْ مئوية لكل ١٠٠٠متر.

ويمثل المحور (س) درجات الحرارة بالدرجات المئوية، أما المحور (ص) فيمثل الارتفاع بالكيلو مترات. فإذا افترضنا أن درجة حرارة الهواء

عند السطح في مكان ما مثلًا (أ) هي ٣٠ ° مئوية فإن (ب) تمثل درجة حرارة الكتلة المتحركة عند ارتفاع ثلاثة كيلو مترات، أما ما تسجله الطائرات أو البالونات من درجات الحرارة في الطبقات المختلفة فإنه يحتمل أن يكون مطابقاً أو مشابهاً إلى حد بعيد واحداً من الأربع حالات التي تمثلها الخطوط أ ج، أ ء ، أ ه ثم أ ب .

وبديهي أنه إذا كان التوزيع الفعلي ممثلًا بالخط أ ج فمعنى ذلك أن درجة حرارة الجو تنخفض بسرعة فائقة مع الارتفاع بحيث تصل إلى درجة الصفر على ارتفاع كيلو مترين فقط، ويكون معدل النقص في درجة الحرارة مع الارتفاع في هذه الحالة أكبر من المعدل الذاتي.

وتجد الكتلة المتحركة نفسها عند أي ارتفاع في وسط أبرد وأثقل منها فتستمر في الارتفاع، ويكون الجو في حالة عدم الاستقرار، وبالمثل فإن جميع الحالات الجوية التي يمثل فيها توزيع درجة الحرارة مع الارتفاع خطوط بيانية إلى شمال أ ب تكون غير مستقرة.

أما إذا كان التوزيع ممثلًا بالخط البياني أ د فمعنى ذلك أن معدل النقص في درجة الحرارة مع الارتفاع أصغر من المعدل الذاتي، وتدل مثل هذه الخطوط على أجواء مستقرة لأن الكتلة المتحركة تجد نفسها عند أي وضع أبرد من الوسط الذي تصله فتعود هابطة، ويحدث التعادل إذا كان التوزيع مع الارتفاع ممثلًا بالخط أ ب نفسه.

ويبين الخط أ ه الانقلاب الحراري وهو أشد حالات الجو استقرارًا، ولا يمتد مثل هذا الانقلاب إلى مسافات كبيرة فوق سطح

الأرض إلا نادراً، وهو في العادة لا يتعدى الكيلو متر الأول وعلى العموم فإن جميع الخطوط البيانية التي على يمين أ ب تمثل الجو المستقر، وتنشأ حالات الاستقرار في الجو السفلي عندما ينساب تيار هوائي دافئ فوق سطح بارد وخاصة عندما تنخفض درجة حرارة الهواء السطحي أثناء الليل بالإشعاع الحراري من سطح الأرض، وهذه هي الحالات التي تتوفر فيها الشبورة والضباب ونحوها.

تيارات الحمل:

معنى تيارات الحمل كما سبق صعود أهوية إلى أعلى في شكل تيار وحلول أخرى محلها على مساحات واسعة نسبيًا، وهي تنشأ من عدم الاستقرار في الهواء البارد الرطب بسبب تسخين الشمس لسطح الأرض أثناء النهار وانتقال هذه الحرارة المكتسبة إلى طبقات الجو السفلى، لهذا تبلغ تيارات الحمل أشدها بعد الظهر حين تكتمل الحركات الرأسية وتصل إلى عنفوانها، وتستمر الأهوية الصاعدة في صعودها وتولد السحب الركامية وعواصف المطر والرعد ونأخذ تيارات الحمل شكلًا واضحاً.

بخار الماء في الجو

مصادر بخار الماء:

لا يخلو جو الأرض من بخار الماء فهو موجود دائماً في جميع البقاع، وبالرغم من صغر كميته بالنسبة لوزن الهواء فإن لوجوده أهمية عظمى في كثير من ظواهر الجو كما أنه يعمل على حفظ الحرارة بعامل الامتصاص الذي سبق شرحه، وتكون عمليات التبخر على أشدها في المناطق الحارة ويحمل بخار الماء الذي يتولد في هذه المناطق الحرارة الكامنة للبخر عندما ينتقل بواسطة الرياح إلى المناطق المعتدلة، ليتكاثف هناك وتنطلق منه هذه الحرارة، وبذلك يعمل بخار الماء أيضاً على تلطيف المناخ وتوزيع الحرارة بصورة عادلة على مختلف بقاع الأرض.

وأهم مصادر بخار الماء في الجو المحيطات والبحار، ويبلغ متوسط ما يتبخر من كل سنتيمتر مربع على سطح الأرض نحو ٢ ملليمتر في اليوم، فإذا اعتبرنا مساحة سطح الأرض ٥ مليون مليون مليون سنتيمتر مربع، فإن متوسط ما يتبخر يعادل في اليوم الواحد نحو ألف مليون مليون كيلو جرام من الماء وبديهي أن نفس هذا المقدار من بخار الماء يجب في المتوسط أن يتكاثف يومياً ويسقط في صورة أمطار يعود ماؤها إلى البحار والمحيطات مرة أخرى لتبدأ الدورة من جديد.

التشبع ومقاييس الرطوبة:

يعبر عن كمية بخار الماء في الجو بأحد المصطلحات الآتية:-

(١) ضغط بخار الماء. (٢) الرطوبة المطلقة. (٣) الرطوبة النسبية. (٤) الانخفاض في درجة حرارة الترمومتر المبلل ،وينتشر بخار الماء في الجو في صورة غاز يختلط بالهواء ولهذا فإن له ضغطه الخاص كسائر الغازات، ويتوقف مقدار هذا الضغط على مقدار بخار الماء العالق في الهواء ولكل درجة حرارة حد أعلى لضغط بخار الماء هذا يعرف باسم ضغط التشبع، أو ضغط البخار في حالة التشبع، والهواء المشبع هو الذي لا يقوى على حمل مقادير زائدة من بخار الماء.

فإذا عرضنا سطحاً من الماء للهواء تحت درجة حرارة خاصة فإن عملية التبخر تستمر من الماء إلى الهواء حتى يحدث التشبع، وبذلك نصل إلى ضغط التشبع بالنسبة للماء السائل عند تلك الدرجة من الحرارة، وكذلك إذا عرضنا سطحاً من الثلج للهواء تحت نفس درجة الحرارة مثلًا فإن عملية التبخر تستمر من الثلج إلى الهواء حتى يحدث التشبع بالنسبة للثلج، ومن المهم أن نعرف أن ضغط التشبع بالنسبة للسائل أكبر من ضغط التشبع بالنسبة للثلج الذي في نفس درجة الحرارة كما هو مبين في الجدول رقم (٨).

درجة الحرارة درجة مئوية	ضغط التشبع بالمليمتر		درجة الحرارة درجة مئوية	ضغط التشبع بالمليمتر	
	بالنسبة للماء	بالنسبة للثلج		بالنسبة للماء	بالنسبة للثلج
-70	–	0.0019	-6	2.94	2.78
-٦٠	–	٠.٠٨٠	-٥	٣.١٧	٣.٠٢
-٥٠	–	٠.٠٢٩٠	-٤	٣.٤٢	٣.٢٩
-٤٠	–	٠.٠٩٦٠	-٣	٣.٦٨	٣.٥٨
-٣٠	٠.٣٩	٠.٢٩٠٠	-٢	٣.٩٦	٣.٨٩
-٢٠	٠.٩٦	٠.٧٨٠٠	-١	٤.٢٦	٤.٢٢
-١٠	٢.١٦	١.٩٦٠	صفر	٤.٥٨	٤.٥٨
-٩	٢.٣٤	٢.١٤٠	٥	٦.٥٤	–
-٨	٢.٥٢	٢.٣٤٠	٢٥	١٩.٨٣	–
-٧	٢.٧٣	٢.٥٥	٥٠	٧٩.٥	–

جدول رقم (٨)

"ضغوط التشبع بالنسبة للماء والثلج تحت نفس درجة الحرارة"

وطبيعي أن نلاحظ أن الماء يمكن أن يبقى في حالة السيولة تحت درجات منخفضة جداً تصل إلى أقل من ٣٠ درجة مئوية تحت الصفر،

وتعرف هذه الظاهرة باسم "ظاهرة فوق التبريد" وهي من صفات الماء في الطبيعة وخاصة نقط الماء داخل السحب، وتلعب هذه الخاصية دوراً هامًا في سقوط المطر وفي إعداد المطر الصناعي.

والمقصود من الرطوبة المطلقة وزن بخار الماء الموجود فعلًا في وحدة حجوم الهواء (مثل السنتيمتر المكعب) ، ولما كانت الرطوبة المطلقة يستعصى تعيينها مباشرة بطريقة عملية فقد أدخلت فكرة الرطوبة النسبية، والمقصود منها النسبة المئوية بين كمية بخار الماء الموجود فعلًا في وحدة حجوم الهواء وكمية بخار الماء اللازم لتشبع هذا الهواء في نفس درجة الحرارة.

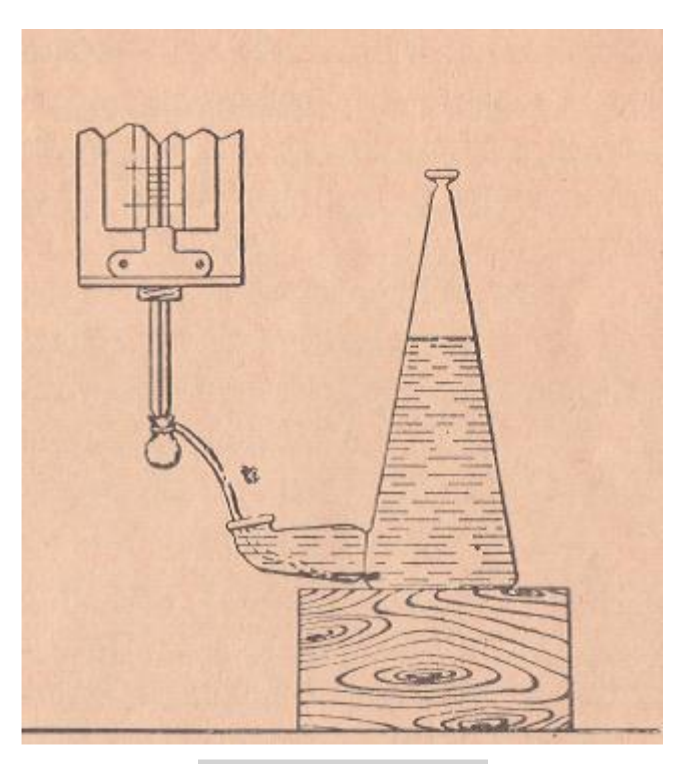
وعندما يبرد الهواء مع ثبوت الضغط حتى تصبح كمية بخار الماء الموجودة فيه (الرطوبة المطلقة) كافية لتشبعه فإننا نكون قد وصلنا إلى "نقطة الندى" أو درجة حرارة ظهور الندى، وأن استمرار التبريد بعد ذلك يصحبه ترسب الندى، ومعنى ذلك أن الرطوبة المطلقة هي كمية البخار اللازم للتشبع عند نقطة الندى، وتكون الرطوبة النسبية هي النسبة المئوية بين كمية بخار الماء اللازم للتشبع عند نقطة الندى، وكمية بخار الماء اللازم للتشبع في درجة الحرارة الفعلية، ولما كانت كميات بخار الماء (أو ضغوط هذا البخار) اللازمة لتشبع الهواء تحت أي درجة من درجات الحرارة معروفة ويمكن قياسها في المعامل وتدوينها في جداول خاصة كما في الجدول رقم (٨) ، فإن مسألة الرطوبة النسبية يمكن أن تتلخص في تعيين نقطة الندى ودرجة حرارة الهواء الفعلية واستخراج ضغوط التشبع في هاتين الدرجتين ثم النسبة المئوية بينهما.

ولما كانت فكرة الرجوع إلى نقطة الندى تتضمن طريقة عملية معقدة فقد أدخلت فكرة الترمومتر المبلل، وهو عبارة عن ترمومتر زئبقي عادي يندى خزانه بالماء بأن تلف حوله قطعة رقيقة من القماش المبلل يبخر منها الماء باستمرار فيشبع طبقة رقيقة من الهواء المحيط للخزان بأبخرة المياه، ولضمان استمرار تبلل هذه القطعة من القماش بالماء يلف حول طرفها العلوي شريط ينغمس طرفه في خزان به ماء كما في شكل (١٠) وتستمد الطاقة الحرارية اللازمة لتبخير الماء من خزان الترمومتر الزئبقي، ولهذا تنخفض درجة حرارته، ويكون هذا الانخفاض مناسبًا لكمية الماء الذي يتحول إلى بخار ليحدث التشبع في درجة حرارة الترمومتر المبلل.

وتستخرج الرطوبة النسبية من جداول خاصة محسوبة لهذا الغرض تستخدم فيها قيمة الانخفاض في درجة حرارة الترمومتر المبلل عن الترمومتر الجاف العادي.

ومن الطريف أنه في المناطق الحارة يمكن الجزم دائماً بأن درجة حرارة الهواء الساخن تهبط بعد عواصف الرعد الممطرة إلى درجة حرارة الترمومتر المبلل قبلها، ذلك لأن فعل المطر وتبخره لا يعدو فعل تبخر الماء حول خزان الترمومتر المبلل، ولعل أهم مثل يقرب لأذهاننا فعل التبخر في انخفاض درجة الحرارة تلك الأواني الفخارية التي تستخدمها لتبريد الماء صيفًا، ومن الملاحظ أنه عندما يكون الهواء رطباً (كما هو الحال في الإسكندرية وخاصة في شهري يوليو وأغسطس) يقل التبخر عن سطح هذه الأواني ولا يبرد ماؤها بشكل ظاهر، أما إذا كان الهواء

جافا نسبياً فإن التبخر ينشط من سطح هذه الواني وتظهر عملية التبريد بوضوح.



شكل (١٠) الترمومتر المبلل

ويصحب إضافة بخار الماء إلى الهواء نقص في كثافة الهواء، وهذه ظاهرة تساعد على صعود الهواء الرطب في الجو نظراً لانخفاض كثافته ليحل محله هواء جاف نوعًا ما وأكبر كثافة، فمن المعروف أن كثافة بخار الماء هي كثافة الهواء الجاف الذي في نفس الظروف من الضغط ودرجة الحرارة.

ولا يقتصر التبخر من البحار والمحيطات على طبقات الجو السفلى فحسب إلا تحت ظروف جوية خاصة إذ إن العادة جرت على أن ينتشر بخار الماء خلال طبقات سميكة نوعاً ما، تصل أحياناً إلى عشرة كيلو مترات، ويحدث ذلك خاصة إذا كان الهواء السائد بارداً بالنسبة لسطح البحر لأن الهواء البارد نسبياً لا يسلب البحر بعض مائه فحسب بل ويسلبه أيضاً جزءاً من حرارته بفعل التوصيل الحراري، وتحت تأثير هذين العاملين عامل التسخين في طبقات الجو السفلى، تقل كثافة هذه الطبقات ولا تقوى على حمل ما يعلوها من كتل الهواء البارد نسبياً، فلا تلبث أن تصعد ليحل محلها هواء علوي جاف أكبر كثافة ولا يكاد هذا كسابقه يتشبع بالبخار ويسخن حتى يصعد بدوره، وهكذا تستمر عملية نزح مياه البحر وحرارته إلى الطبقات العالية في صورة تيارات الحمل، وهذا عين ما يحدث على شرق البحر المتوسط في فصل الشتاء عندما تتدفق عليه كتل الهواء الباردة المنطلقة من شرق أوروبا إلى مصر، فإن هذه التيارات تثير السحب الكافية لإمطار مصر وشمال جزيرة العرب، ويكون الهواء البارد بعد عبوره شرق البحر المتوسط في حالة عدم استقرار.

ويحدث عكس ذلك تماماً في مصر أثناء فصل الصيف إذ يكون ماء البحر أبرد بطبيعته من الهواء السائد، فتحدث الانقلابات الحرارية، وينحصر التبخر على طبقات الجو السفلى التي لا يمكنها الصعود، فهي برغم إضافة بخار الماء إليها تظل كبيرة الكثافة بالنسبة لبرودتها، وبذلك يحدث التشبع وتزداد رطوبة الجو السفلي الذي نعيش فيه بشكل

واضح، ونشاهد هذه الظاهرة خاصة في شهري يوليو وأغسطس، ومثل هذه الحالات تظل فيها طبقات الجو التي تعلو الطبقة السطحية (فوق ٥٠٠متر) جافة نسبياً.

البخر والنتح:

من الحقائق الثابتة أن معظم الماء الذي يمتصه النبات من التربة يخرج من الأوراق على هيئة نتح بينما تستخدم كمية ضئيلة جداً منه في تكوين غذاء النبات، وعلى هذا الأساس يمكن اعتبار أن التربة عبارة عن خزان يستقبل الماء الوارد من المطر الساقط أو الري ويفقد جزءًا من هذا الماء عن طريق البخر من سطح التربة، ويمتص النبات الغالبية العظمى من هذا الماء الوارد ويضيفه للهواء في صورة نتح.

ويسمى التأثير المشترك لفقدان المياه عن طريق النتح والبخر المشار إليهما بالبخر نتح، وهي عملية انتقال الماء من التربة إلى الهواء سواء كان الانتقال مباشرة كما هو الحال في البخر، أو عن طريق غير مباشر كما يحدث في النتح، أي أنها عكس عملية المطر التي فيها ينتقل الماء من الجو إلى الأرض، وتعبر كمية البخر نتح هذه عن احتياجات النبات من المياه.

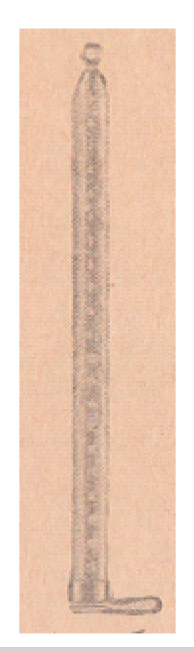
وكلما ازداد توفر الماء في التربة ازدادت كذلك كمية الماء التي تفقد عن طريق البخر نتح، وعلى ذلك فإنه لا يمكن الحكم على مناخ أي إقليم بأنه رطب أو جاف من معرفة كمية الأمطار التي تسقط عليه

فحسب، ولكن يدخل في الاعتبار كمية المياه التي يحتاج إليها النبات والتربة للقيام بعملية البخر نتح، فإن تعدت كمية الأمطار كمية البخر نتح اعتبر الإقليم رطباً وإن قلت عنه اعتبر جافاً وإذا كانا متعادلين تقريباً سمي المناخ متوسط الرطوبة، ويجدر بالذكر في هذه المرحلة أن نميز بين كمية المياه التي تفقد عن طريق البخر نتح وكمية التبخير.

التبخير:

المقصود منه النقص في كميات المياه من الأسطح المائية المعرضة للهواء عن طريق تحولها إلى أبخرة.

وتتوقف كميات التبخير على مساحة السطح المائي المعرض وشدة الريح والتعرض للإشعاع الشمسي، وهي تقاس عادة بمقياس يقال له "مقياس بيشي" للتبخر، وهو يتركب من أنبوبة زجاجية طويلة نوعاً ما، ومدرجة ومفتوحة من طرف واحد، تملأ بالماء وتنكس بعد أن يثبت في طرفها المنكس قرص رقيق من ورق النشاف



شكل (١١) مقياس "بيشي" للتبخر

وذلك بواسطة مشبك معدني كما في شكل (١١) ، فيتبلل القرص دائمًا بالماء، وكلما تبخر ماؤه امتص غيره من الأنبوبة وهلم جرا، فينخفض الماء في الأنبوبة تدريجياً ويعين مقدار الانخفاض ويكون هو قيمة التبخير في زمن معين.

ويمكننا أيضاً تعيين التبخير بواسطة إناء معدني كبير يملأ بالماء، ويثبت في التربة ويحاط بالنباتات ويعرض للجو لأن المقياس المعلق في الهواء لا يستطيع مواجهة الريح والإشعاع الشمسي في وقت واحد وكلاهما له أثر بالغ على كمية التبخر، فضلًا عن أن درجة حرارة الهواء عند مستوى هذا المقياس تختلف كثيراً عن درجة حرارة التربة وأوراق النبات كما أن سرعة الهواء غير متساوية، وكذلك يعتمد التبخر من سطح

الإناء المكشوف على مساح السطح المائي وعمق الماء فيه، وكذلك معدن الإناء ولونه ومقدار تعرضه للجو وعزله عن التربة المجاورة، فضلًا عن أن العوامل الجوية لا تؤثر على ماء الإناء بنفس الطريقة التي تؤثر بها على سطح التربة المنزرعة لأن هذا الجهاز أدخل على بيئة التربة وليس جزء منها.

البخر نتح العياري:

من حيث أن النتح ينظم درجة حرارة أوراق النبات وأن معظم النباتات يبلغ نموها الذروة العليا في درجات حرارة متقاربة، فإنه مع توفر المياه اللازمة في منطقة الجذور في التربة، تكون كميات المياه التي ينتجها سطح التربة المغطاة تماماً بالخضرة متوقفة على مقدار الإشعاع الشمسي الذي تستقبله التربة، ودرجة الحرارة التي تكتسبها وفقاً لذلك أكثر من اعتمادها على نوع النبات وعلى ذلك أصبح البخر نتح من حيث الكمية والتوزيع على مناطق الكرة الأرضية من العوامل المناخية الهامة التي يجب دراستها لفائدة الأرصاد الزراعية. وأدخلت بذلك فكرة جديدة هي فكرة البخر نتح العياري.

ويعرف بأنه كمية المياه التي يفقدها سطح من التربة مغطى تمامًا بالخضرة مع توفر الماء اللازم في التربة لاستعمال النباتات في جميع الأوقات، وهو يختلف عن البخر نتح الذي يعبر عن كمية المياه التي تفقد عن طريق البخر والنتح في حالة عدم توفر المياه اللازمة للنبات في جميع الأوقات.

وقد ابتكر العلامة "ثورنتويت" رئيس لجنة المناخ الدولية جهازاً يمكن بواسطته قياس كمية البخر نتح العياري.

ومن التجارب التي أجريت على عدة نباتات من القطن والحشائش والبرتقال المنزرعة في أنواع مختلفة من التربة وجد أن كمية المياه في التربة تختلف من عمق إلى آخر ومن نبات إلى آخر على نفس العمق وفي نفس التربة، ومن تربة إلى أخرى على نفس العمق لنفس النبات، ولكن بالرغم من ذلك وجد أن مجموع كميات المياه التي يستطيع أي نبات امتصاصها من أي تربة على الأعماق المختلفة تكاد تكون متساوية في جميع الحالات وتبلغ حوالي بوصة من حيث الارتفاع، وهي الكمية التي تحتويها التربة في الفترة بين سقوط المطر مرتين متواليتين أو بين الري مرتين متواليتين وهذه نتيجة غير منتظرة.

التكاثف

تعريف التكاثف:

المقصود بالتكاثف تحول بعض بخار الماء الذي في الجو إلى نقط من الماء أو بلورات من الثلج، وهو بذلك يمثل العملية العكسية للتبخر، وينتج التكاثف من تبريد الهواء المحمل ببخار الماء لأن التبريد هو الوسيلة الطبيعية التي بها تقل قدرة الهواء على حمل بخار الماء، فإذا لم يكن الهواء مشبعًا ثم برد بطريقة من الطرق فإنه يقترب من حالة التشبع تدريجيًا حتى يصل إليها، وبعدها يبدأ التكاثف فتتحول بعض الأبخرة إلى ماء أو ثلج حسب درجة الحرارة كما سيبين فيما بعد.

والتكاثف ظاهرة مألوفة تشاهد مثلًا عندما نعرض كوباً من الماء المثلج للهواء في فصل الصيف، فإننا لا نلبث أن نشاهد ترسب نقط من الماء على سطح الكوب الخارجي نتيجة لتبريد الهواء الملاصق لهذا السطح بتوصيل البرودة من الكوب إلى الهواء، أو بمعنى أصح نقص حرارة الهواء بنقل أو توصيل بعضها إلى الكوب، حتى تصل درجة الحرارة إلى نقطة الندى، فيظهر ضباب حول سطح الكوب لا يلبث أن يتحول إلى نقط تنمو باستمرار التكاثف.

التبريد في الطبيعة:

لكي تتم عمليات التكاثف في الجو تستخدم الطبيعة واحدة أو أكثر من وسائل أربعة رئيسة للتبريد هي:

١) الإشعاع الحراري: ويلعب أهم دور في تبريد سطح الأرض أثناء الليل وخاصة في الليالي الصافية الخالية من السحب.

٢) التوصيل الحراري: ويقصد به في هذه الحالة توصيل البرودة التي تعم سطح الأرض بالإشعاع إلى الهواء السطحي، أو بمعنى أصح توصيل حرارة طبقات الهواء السطحية إلى سطح الأرض البارد نسبيًا، ويكون سريان الحرارة في هذه الحالة عكس اتجاه سريانها عندما يعمل سطح الأرض على تسخين الهواء السطحي بالتوصيل الحراري أثناء النهار مثلًا.

٣) المزج: والمقصود منه اختلاط أهوية باردة بأخرى رطبة دافئة يكون من نتائجه تبريد الهواء الرطب لدرجة يصحبها حدوث التكاثف.

٤) التبريد الذاتي: أو الانتشار في الهواء الصاعد وتتميز هذه الطريقة الرابعة بأنها الطريقة الوحيدة التي يمكن أن تعطي تكاثفًا مستمراً يؤدي لتكوين السحب الممطرة ونزول المطر، بينما تقتصر الطرق الثلاثة الأولى على تكوين الندى والضباب والشبورة، وجميعها يكون فيها التكاثف محدوداً وغير مستمر.

نويات التكاثف:

وهناك عامل أساسي يجب أن يتوفر ليحدث التكاثف، هذا العامل هو أن تنتشر في الهواء أجسام صغيرة خاصة تعرف باسم "نويات التكاثف" ذلك لأن الأبخرة العالقة في الهواء لا يمكن لجزيئاتها أن تتجمع لمجرد الصدفة لتكون نقطاً من الماء، فأصغر نقط الماء حجماً مثلًا يلزمها تجمع نحو ١٠٠ جزئ من أبخرة المياه، وليس من السهل تجمع مثل هذا العدد إلا إذا تواجد ما يجذب هذه الجزيئات واحدة واحدة، وهو أثناء ذلك يحملها على البقاء متماسكة في صورة نقطة من الماء مهما صغر حجمها، وهذا هو عمل نويات التكاثف في الجو.

ولقد كان المعتقد إلى عهد قريب أن نويات التكاثف هذه ما هي إلا ذرات الغبار والرمال العالقة في الجو ولكن أثبتت التجارب الحديثة خطأ هذا الرأي، فقد حللت أجزاء من السحب في حالات عادية ووجد أن من مكوناتها أجسام متميعة تمتص الماء وتذوب فيه، وبمثل هذه الطرق أمكن الجزم بأن نويات التكاثف ما هي إلا أملاح أو حوامض متطايرة في الهواء، وأهم مصادر هذه الأجسام هي:-

١) أملاح البحار.

٢) مركبات الأوكسجين والأزوت الناتجة من مرور أشعة الشمس فوق البنفسجية خلال الجو.

٣) كلورور الكالسيوم.

٤) الحوامض الناتجة من عمليات الاحتراق المختلفة.

ويلاحظ أن بعض هذه النوبات صلب كما أن بعضها سائل، فإذا حدث التكاثف في درجات من الحرارة أكبر من درجة الصفر المئوي فإن التكاثف يكون في صورة نقط من الماء السائل، أما إذا حدث التكاثف في درجات حرارة أقل من الصفر المئوي ولم تكن هناك نوبات تكاثف صلبة تتكون نقط من الماء فوق المبرد، وتظل هذه النقط "فوق المبردة" في حالة السيولة رغم انخفاض درجة الحرارة تحت الصفر، وإذا كانت نوبات التكاثف صلبة ودرجة حرارة الجو دون الصفر المئوي فإن بخار الماء العالق في الهواء يتحول مباشرة إثر تكاثفه إلى بلورات من الثلج تنمو باستمرار التكاثف في صورة صفائح رقيقة أو نجوم كما في الشكل رقم (١٢).

ظاهرة فوق التبريد:

إذا حدث التكاثف في درجات من الحرارة تحت الصفر ولم تكن هناك نوبات تكاثف صلبة كما هو الحال في مناطق السحب الركامية أحيانًا، تتكون نقط من الماء فوق المبرد وتظل في حالة السيولة رغم انخفاض درجات الحرارة دون الصفر، وأهم خصائص نقط الماء فوق المبرد أنها عديمة الاستقرار، بمعنى أنها قابلة للتجميد كلها أو بعضها لمجرد تصادمها بجسم صلب.

وإذا رمزنا بالحرف (و) لوزن نقطة من الماء فوق المبرد بالجرام وبالحرف (مْ) لدرجة حرارتها بالدرجات المئوية تحت الصفر، ثم افترضنا أن حرارتها النوعية هي نفس الحرارة النوعية للماء (أي الواحد الصحيح

تقريباً) فإن الجزء الذي يتجمد (وليكن "ك" جرام) يطلق من حرارة الانصهار الكامنة قدرًا يساوي ٨٠ك سعر، حيث أن ٨٠ سعر هي الحرارة الكامنة لانصهار الجليد، ويتبع عملية التجمد هذه أن ترتفع درجة حرارة النقطة وما يتجمد منها إلى درجة الصفر المئوي حيث يتم الاستقرار.

ومن الواضح أن كمية الحرارة المفقودة هنا هي ٨٠ك سعر، كما أن كمية الحرارة المكتسبة هي:-

و × م × ١ سعر

وبتساوي الكميتين ينتج أن :-

ك = جرام

ومعنى ذلك أن النقطة فوق المبردة لا تتجمد كلها إلا إذا كانت درجة حرارتها نحو ٨٠ ° مئوية تحت الصفر ويتم التجمد بسرعة فائقة بحيث يحبس الثلج المتكون بعض الهواء فيبدو هشًا غير صلب ولا مصقول. وصعود الهواء وما يصحبه من تكاثف داخل السحب تحت درجات من الحرارة المنخفضة جداً هو السبب المباشر لتوفر مثل هذه الحالات في الطبيعة، وفيما يلي أهم عوامل التبريد الذاتي الذي يصحب صعود الهواء في الجو.

التكاثف وتيارات الحمل:

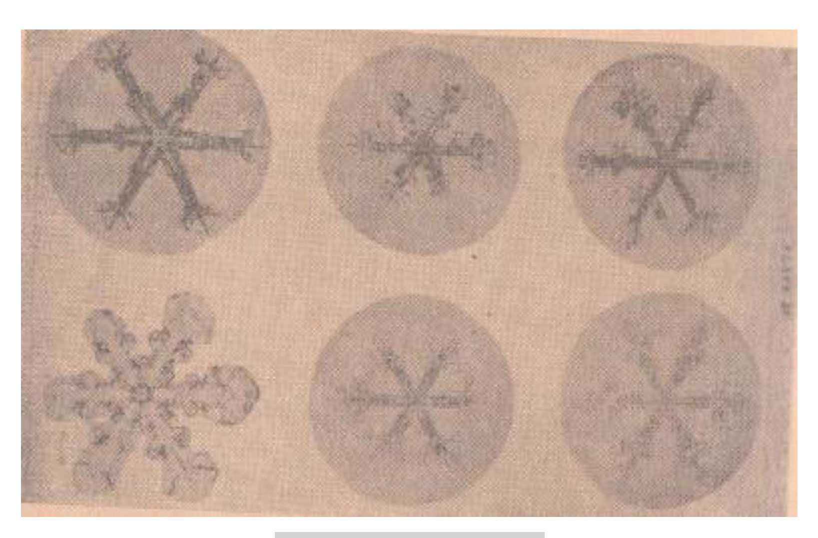
تتوفر تيارات الحمل خاصة في الهواء البارد الرطب عندما يمر على سطح ساخن نسبياً، وفي مثل هذه الحالات ترتفع درجة حرارة الطبقات السفلى وتقل كثافتها وتأخذ في الصعود بينما يحل محلها باستمرار هواء بارد نسبيًا، وكلما نشطت عمليات التكاثف في الأهوية الصاعدة انطلقت الحرارة الكامنة للبخر وسببت تسخين الهواء الصاعد فيستمر تيار الحمل حتى يصل إلى ارتفاعات يحدث فيها التعادل أو الاستقرار الجوي.

ويتضح من ذلك أن عمليات التكاثف وما يصحبها من انطلاق الحرارة الكامنة من ألزم ما يكون لنمو العواصف ودوام النشاط فيها واستمرار الحركة الرأسية، وتتواجد هذه الحالات أيضًا عندما يمر تيار هوائي بارد فوق آخر ساخن رطب، فإنه نظراً لازدياد كثافة الهواء البارد العلوي بالنسبة لكثافة الهواء السفلي الرطب الساخن تكون مثل هذه الحالات عديمة الاستقرار (فإن الوضع الطبيعي أن يستقر الجسم الخفيف فوق الثقيل) وإذا ما حدث أي تخلخل في هذه الطبقات بفعل الإشعاع الشمسي أثناء النهار مثلًا، يأخذ الهواء البارد في النزول ويندفع الهواء الساخن إلى أعلى محدثًا تيارات من الحمل الشديد في بعض الأحيان، يساعد على نموها أيضًا مع ما قد يصحب ذلك من عمليات التكاثف.

فعل الهضاب:

يحدث التكاثف بالتبريد الذاتي أيضًا عندما يتسلق الهواء الرطب الهضاب وسلاسل الجبال، ويتم ذلك عندما تعمل الدورة العامة للرياح أو الدورة المحلية على دفع تيارات من الأهوية الرطبة أعلى الجبال أو الهضاب.

ومنذ القدم كونت هذه البقاع منابع الأنهار، فهي بعد أن ترتوي بماء المطر يتجمع الزائد وما يفيض ليكون أنهاراً تروي بدورها السهول والوديان.



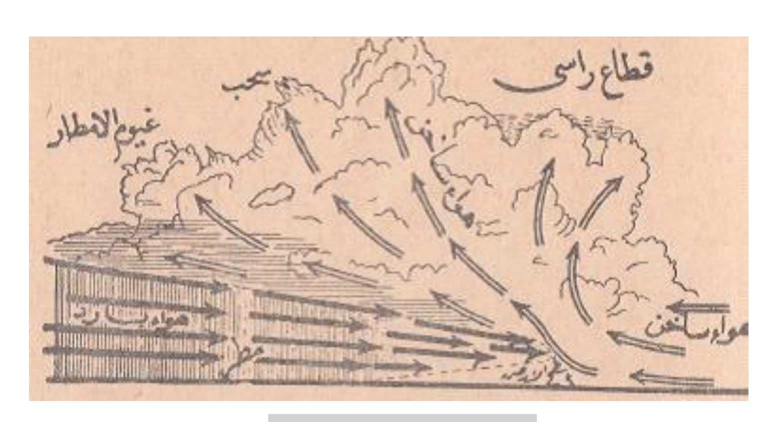
شكل (١٢) بلورات الثلج

ومما يجدر ملاحظته أن الهواء الصاعد الذي يحدث فيه التكاثف تنخفض درجة حرارته بمعدل التبريد الذاتي الرطب (٦ ° لكل

١٠٠٠متر) وذلك في الناحية المواجهة للجبال، أما في الناحية الأخرى، عندما يأخذ في الهبوط بعد تسلقه الجبال، فإن درجة حرارته ترتفع بمعدل أكبر هو المعدل الذاتي الجاف (١٠ ° مئوية لكل ١٠٠٠متر) ، ولهذا فإن العادة أن الهواء الرطب البارد بعد صعوده الجبال ينزل في الجانب الآخر وهو جاف دافئ وتسمى مثل هذه الظاهرة عادة بظاهرة "الفوهن" وهي تتوفر بفعل الدورات المحلية، أما الدورات العامة فهي تدفع بعض التيارات الهوائية الضخمة أعلى الهضاب، ومن أمثلة ذلك ظهور انخفاض الهند الموسمي وانخفاض السودان الموسمي وما يتبعها من هطول أمطار دافقة كما سنذكرها فيما بعد.

الجبهات الباردة:

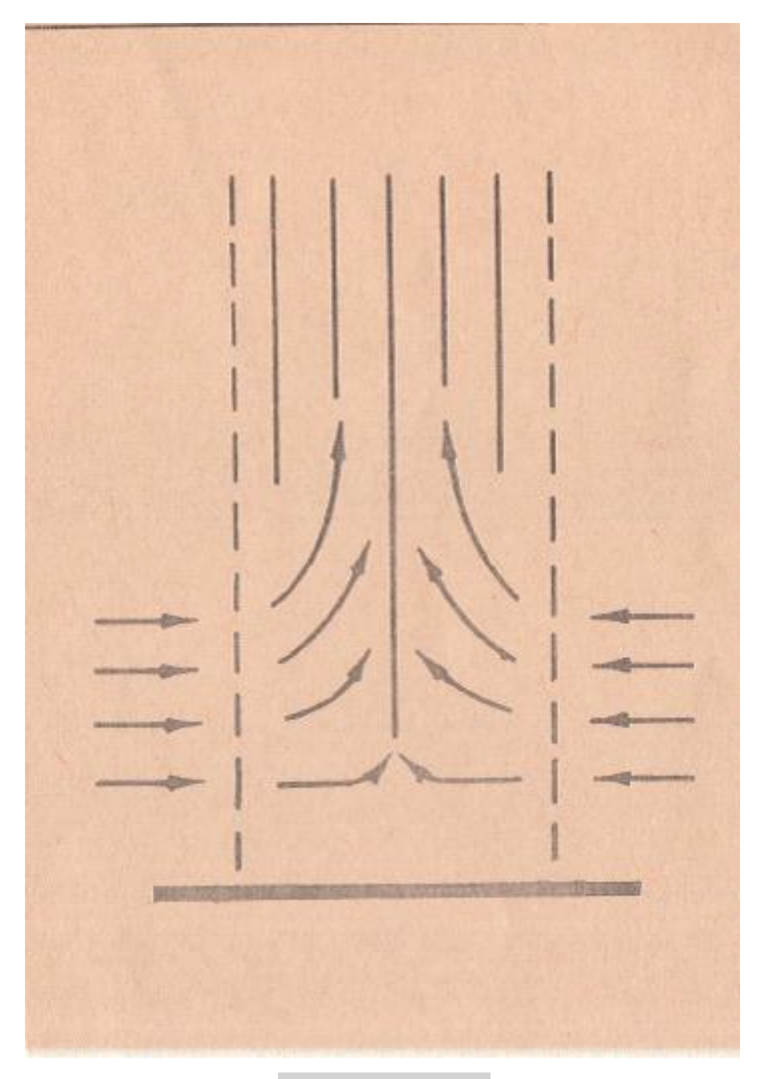
المقصود بالجبهات الباردة تدفق أهوية باردة صوب مساحات يغمرها هواء ساخن نسبياً، وينطلق الهواء البارد في صورة "أسفين" يحمل الأهوية الساخنة أعلاه تدريجيًا ويدفعها إلى أعلى كما في شكل (١٣) وهو بذلك يعمل عمل الهضاب وسلاسل الجبال، إلا أنه قابل للحركة، وعمليات التكاثف من ألزم ما يكون لاستمرار النشاط في مثل هذه الحالات، حيث تظهر غيوم الأمطار (سحب الكيوملونميس) وينهمر منها المطر في رخات تختلف شدتها، وإذا كان الهواء الساخن جافًا إلى حد كبير تقتصر عمليات التكاثف على ظهور السحب وبعض الرخات الخفيفة، كما هو الحال مع الجبهات الباردة التي تصحب عواصف الخماسين في فصل الربيع في مصر.



شكل (١٣) الجبهة الباردة

التجمع:

والمقصود بالتجمع أنه تبعًا للدورة المحلية يهب الهواء في الطبقة المحصورة بين سطح الأرض ونحو ثلاثة كيلو مترات أو أكثر من جميع الجهات أو من أغلبها صوب محور معين، بحيث يضطر هذا الهواء للتجمع حول المحور فيصعد كما هو مبين في شكل (١٤) ، وظاهرة التجمع هذه من ألزم العوامل لإعطاء المطر المستمر، فإنه كلما صعد الهواء وتكاثفت أبخرة المياه التي فيه حل محله آخر ليصعد ويتكاثف بخار مائه وهكذا.. ولهذا فإن لتعيين مناطق التجمع هذه أهمية عظمى في مكاتب الرصد.



شكل (١٤) التجمع

ظاهرة التجاذب بين مناطق التجمع والهضاب:

إن لظاهرة التجمع ميزتين، الأولى أنها يمكن أن تسبب سقوط كميات وفيرة من المطر المستمر كما سبق، ويصحب ذلك هبوط الضغط الجوي وتولد مراكز الضغط الخفيف، وقد حسب المؤلف كمية الأهوية التي تصعد إلى أعلى في بعض عواصف شرق البحر المتوسط الشتوية بعامل التجمع هذا بنحو ٧٠ ألف كيلو متر مكعب من الهواء في الساعة الواحدة، أما الميزة الثانية فتأتي عن كون أن التجمع يصحبه حركة رأسية باضطرار الهواء للصعود حول المحور ويتولد عن هذه الحركة "قوى تجاذب" من شأنها حمل مركز الانخفاض المتولد بعامل التجمع للاندفاع بسحبه وأمطاره صوب الهضاب وسلاسل الجبال المتاخمة، ثم تدفق الأهوية المتجمعة إليها دون سواها من سهول أو وديان مجاورة.

ويعبر عن قوى الحركة هذه بأنها "قوى تجاذب" بين مناطق التجمع في الجو وبين الهضاب، والمؤلف هو أول من كشفها وكتب عنها وهي بصرف النظر عن التبريد الذاتي الذي يصحب تسلق الجبال، تعمل دائبة أن تجتاح مناطق المطر المستمر الهضاب العالية فترويها، وأن تتجمع ثم تتركز بذلك مناطق الهطول المستمر على الهضاب والجبال لتنشأ الأنهار التي تروي بمائها السهول والوديان النائية.

ومن أهم مناطق التجمع التي تولدها الدورة العامة للرياح والتي درسها المؤلف ما تعرفه باسم "انخفاض السودان الموسمي" إذ إن من ملازمات مناطق التجمع ظهور الانخفاضات الجوية وهبوط البارومترات

فيها كما سبق، وقد وجد أن لهذا الانخفاض دورة سنوية يتبع مسارها الحركة الظاهرية للشمس كما تحدده هضبة البحيرات في الجنوب العربي وهضبة الحبشة في وسط المسار، ثم هضبة إيران وجنوب آسيا عمومًا في الشمال الشرقي، فيتركز هذا الانخفاض قرب هضبة البحيرات في الشتاء شكل (٥) وهضبة إيران وشمال الهند في الصيف، أما في الربيع والخريف فمركزه شمال شرق السودان أو على الهضبة الحبشية نفسها، حيث تظهر آثاره بما يقذف من أهوية ساخنة تسبب تقلبات الجو في الشرق الأوسط وشرق البحر المتوسط عمومًا على النحو الذي سيأتي بيانه.



شكل (١٥) تحركات إنخفاض السودان الموسمي

صور التكاثف

الصور المألوفة:

من الصور المألوفة للتكاثف في الجو:

(١) الشبورة والضباب

(٢) الندى

(٣) الصقيع

(٤) السحب

(٥) المطر

(٦) البرد

(٧) الثلج

وكل من المطر والبرد والثلج يمكن أن يطلق عليها اسم الهطول، لأنها تتساقط أو تهطل من السماء إما منفردة أو مصحوبة ببعضها البعض، وأهم أنواع المطر الرذاذ وهو قطرات مائية دقيقة الحجم يكاد يكون تساقطها منتظم الشدة ثم الرخات وتصحب حالات عدم الاستقرار ومرور الجبهات الباردة، وهي غير ثابتة الشدة. ومن المطر ما هو غزير ومتواصل ومنها ما هو متوسط أو خفيف أو متقطع.

الضباب والشبورة:

يلازم ظهور الضباب والشابورة ظاهرة التبريد بالإشعاع الحراري أثناء الليل ثم توصيل البرودة الناتجة إلى الهواء السطحي بفرض تحركه بخفة، أو هبوب تيار رطب دافئ فوق سطح بارد كما سبق، حيث يتكون الانقلاب الحراري وقد يمتد إلى طبقات سميكة، والشابورة قطرات من الماء الصغيرة الحجم يهبط معها مدى الرؤية بحيث لا تقل عن ١٠٠٠متر وإلا سميت ضبابًا، فالشبورة إذن هي الضباب الخفيف وهي تكسب السماء لونًا أبيضاً باهتًا، أما الضباب فقطراته عادة أكبر من قطرات الشابورة، وقد تتساقط كما قد تصل الرؤية فيه إلى أقل من المتر.

ومن أهم مناطق تكون الضباب شواطئ نيو فوندلاند حيث تهب رياح دافئة رطبة على مساحات باردة أو مغطاة بالجليد، وهناك أيضًا ضباب البحر والشواطئ وأغلبه يتكون بطريقة التبريد بالمزج الناتج عن اختلاط كتل الهواء المختلفة الحرارة لوقوعها فوق التيارات المائية المتجاورة المختلفة المجرى، فلا تلبث الأهوية الدافئة الرطبة أن تبرد ويظهر فيها الضباب، كما هو الحال في شمال المحيط الأطلسي عندما ينطلق الهواء الدافئ الرطب من فوق تيار الخليج المائي الدافئ ويتجه نحو تيار لابرادور المائي البارد فيتكون الضباب الكثيف.

ويكثر ضباب البحر على المناطق القطبية، فيسود شمالي غربي الباسفيك ومعظم الشواطئ الغربية للقارات وكثيرًا ما تسوق الرياح ضباب البحر بعد تكونه وتدفعه إلى البر، فإذا صادف أرضًا باردة، ازداد تلبداً

كما يحدث أحياناً على الجزر البريطانية، وإذا كانت الأرض ساخنة انقشعت طبقاته القريبة من سطح الأرض.

أما في المناطق الداخلية مثل دلتا مصر فإن أغلب حالات الضباب والشابورة تنشأ من الإشعاع الحراري أثناء الليل، ويحدث ذلك خاصة في فصلي الصيف والخريف حيث يغلب صفاء السماء وتهبط سرعة الريح وتزداد رطوبة الجو عامة في الطبقات السطحية، وهذا النوع من الضباب قلما يكون سميكًا، وكثيرًا ما تنقشع طبقاته السفلى سريعاً عقب شروق الشمس ويصبح ضباباً منقطعا أو عالياً.

وللضباب مواسم معلومة، ففي مصر مثلًا يكثر نسبيًا في فصلي الصيف والخريف كما سبق، وفي شمال أمريكا وسيبيريا يكثر في الصيف، أما في فرنسا فيزداد في الشتاء، وهناك أيضًا "ضباب المدن" وسببه انتشار دخان المصانع والمواقد ونحوها في المدن الكبيرة أو الصناعية مع ركود الهواء كما يحدث في مدينة لندن مثلًا، وهناك أيضا الشبورة الترابية وهي مألوفة في القاهرة والمناطق الصحراوية عموماً وهي من نتائج ترسب الأتربة والرمال الدقيقة في تيارات الهواء الصحراوية أو الهابطة من المرتفعات الرملية ونحوها.

الصقيع:

المقصود به جليد يكسو الأجسام الصلبة القريبة من سطح الأرض وظروف تكونه كثيراً ما تكون هي نفسها ظروف تكون الندى، إلا أن نقطة الندى يجب أن تكون دون الصفر، حيث تتكاثف أبخرة المياه العالقة في الجو إلى ثلج مباشرة، وفي كثير من البقاع الباردة يسبب الصقيع أضرارًا ببعض المنشآت المعرضة للجو مثل أسلاك التليفون التي تنقطع بازدياد وزن الصقيع المترسب عليها، وفي البلاد الزراعية يتركز خطر الصقيع في إتلاف المحاصيل، إذ إنه يتسبب في قتل النبات بتمزيق ألياقه عند تجمد العصارة النباتية وازدياد حجمها بهذا التجمد كما سنذكر فيما بعد، ومن خير وسائل تجنب الصقيع وخطره طريقة التدخين، لأن الدخان يحفظ حرارة الهواء السطحي وحرارة سطح الأرض بالتقليل من فقد الحرارة بالإشعاع أثناء الليل.

ويكون الصقيع شديداً إذا سبق ظروفه السالفة الذكر هطول الثلج، إذ إن الثلج الذي يغطي الأرض يعمل دومًا على تبريد سطحها وفي مصر يتكون الصقيع الشديد نوعًا أثناء الليل عقب بعض حالات العواصف الشتوية خاصة عندما تنخفض درجة حرارة الجو دون الصفر، ويصحب هذه العواصف المطر الممزوج بالبرد وهو عند تجمده يكون طبقة ملساء من الجليد تعرف باسم "الصقيع الزجاجي" ويظهر في شكل (٢) تكون الصقيع تحت ظروف مماثلة على قاعدة كشك الرصد في صحراء مصر الغربية (السلوم).

وإن أكثر المناطق برودة في مصر واستعداداً لظهور الصقيع هي المناطق الصحراوية في شبه جزيرة سيناء، والمناطق المنخفضة في الغرب حيث يوجد منخفض القطارة، ذلك لأن الانخفاض النسبي يجعل منها شبه مستنقع جوي تتراكم فيه الأهوية الباردة في الشتاء، ولا يزيد معدل النهاية الصغرى لدرجة الحرارة خلال أشهر الشتاء (ديسمبر إلى فبراير) في أواسط هذه الجهات عن درجة الصفر.

أما في الوادي نفسه والمناطق المنزرعة فيمكن تمييز مناطق ثلاثة للبرودة هي أكثر الجهات تعرضًا لظهور الصقيع وخصوصًا عندما تهبط النهايات الصغرى لدرجات الحرارة فيها عن ٣ ° مئوية كما وجد بالتجربة، هذه المناطق هي:– (١) منطقة المنيا، وتمتد شمالًا حتى الفشن وجنوبًا إلى ملوي، ويقل معدل النهاية الصغرى في أواسط هذه المنطقة عن ٣ ° مئوية عادة، (٢) منطقة القرشية وميت غمر، وتمتد غربًا إلى طنطا وشمالًا إلى سخا وشرقًا إلى السنبلاوين وجنوبًا إلى قويسنا، ويقل فيها معدل النهاية الصغرى عن ٥ ° مئوية. (٣) المنخفض المحصور بين نجع حمادي وإسنا في الشرق والواحات الخارجة في الغرب، ولا يتجاوز متوسط النهاية الصغرى لدرجة الحرارة في هذه الأرجاء خمسة درجات مئوية أثناء الشتاء، وهناك منطقة رابعة ثانوية حول إدفينا.

تأثير الصقيع على نمو الحاصلات الزراعية:

يشغل هذا الموضوع بال المزارعين في المناطق التي قد تتعرض للصقيع، ذلك لأن الخسائر التي تنجم عنه قد تكون فادحة تهون معها أي تضحية، فلا غرو مثلًا أن رأينا زراع الموالح في جنوب كاليفورنيا وفي ولاية فلوريدا يتبعون باهتمام أخبار الصقيع من أجهزتهم الخاصة في هذا الصدد، أو عن طريق محطات الإذاعة وأنباء الجو والصحف، فإذا ما أنبئ بحلول الصقيع عمد هؤلاء المزارعون إلى حرق بعض المواد في مواقد خاصة بالمزارع لتدفئة الجو وتكوين سحب كثيفة فوق الأشجار تمنع البرودة بالإشعاع أثناء الليل، وأحيانًا يعمد المزارعون إلى إدارة مراوح خاصة عالية لمنع تأثير الأهوية الباردة السطحية على النبات.

ويمكن حصر تأثير الصقيع على النبات عندما تنخفض درجة الحرارة إلى ما تحت درجة الصفر المئوي، ففي هذه الحالة تتجمد المياه في المسافات البينية وفي الخلايا كذلك، وترجع النظريات المختلفة الضرر في هذه الحالة إلى ضغط البلورات الثلجية على جدران الخلايا أو البروتوبلازم، أو إلى سحب المياه من داخل الخلايا، ومن ثم زيادة تركيز الإلكتروليات وقد تتسرب البروتينات، ويعتقد البعض أن معظم الضرر يحصل بعد انصهار البلورات الثلجية، وتميل الآراء الحديثة إلى اعتبار التأثيرات الميكانيكية للبلورات الثلجية في المسافات البينية، أو في الخلايا ذات الأثر الفعال في فقدان المادة الحية لتركيبها الدقيق ولكثير من خواصها الحيوية.

ويلاحظ أن وصول درجة حرارة الماء المقطر إلى الصفر المئوي لا يتبعه تحوله إلى ثلج، بل يجب أن تنخفض درجة الحرارة إلى ما تحت الصفر، وتبقى المياه بعد ذلك مدة قبل أن تتكون البلورات، وبعدها ترتفع درجة الحرارة قليلًا وتبقى على درجة الصفر بسبب انطلاق الحرارة الكامنة عند التجمد أو التبلور (كما هو الحال في ظاهرة فوق التبريد سابقة الذكر) وإن وجود مواد وعصارات ذائبة بالمياه تخفض من الدرجة النهائية للتجمد عند الصفر، ومن الظواهر الحيوية التي تحدث بالنباتات عند انخفاض درجة الحرارة تحول النشا إلى مواد سكرية ومواد دهنية، وهذا التحول يقلل من درجة الحرارة التي تتكون فيها البلورات الثلجية بالنبات.

وإن لطبيعة المادة الحية بالخلايا ومدة تعرضها لدرجة الحرارة المنخفضة ومقدار محتويات الخلايا من الماء والمواد الغذائية والمعدنية المختلفة تأثير كبير في درجة مقاومة النبات للصقيع.

ويلاحظ أن لكل نوع من النباتات درجة حرارة صغرى تحتها ينعدم النمو تقريباً، ودرجة حرارة مثلى يحصل عندها أقصى نمو، ودرجة حرارة عظمى بعدها يقف النمو، وغالباً ما تكون لكل مرحلة من مراحل نمو النبات الواحد، كنمو البادرات أو النمو الخضري أو النمو الثمري، حدود مختلفة من هذه الدرجات الثلاث، وأول ما يلاحظ عند انخفاض درجة الحرارة قليلًا عن الدرجة الصغرى وقف النمو نتيجة لقلة النشاط العام لخلايا النبات، ولكن إذا زاد انخفاض درجة الحرارة بعد ذلك تظهر على النبات أعراض خاصة مثل جفاف أو احمرار جزء من أو كل الأوراق، وقد

يموت النبات جميعه خاصة الصغير والضعيف، كما تظهر على الثمار والأزهار بقع سوداء وقد تسقط وأحياناً يحدث في بعض الأشجار تصمغ بسيقانها وفروعها، إلى غير ذلك من الظواهر، ويمكن إجمالًا أن ترجع تأثير الصقيع الضار إلى عاملين متداخلين هما:

١- ضعف نشاط الخلايا وإخلال التوازن الدقيق للعمليات الحيوية المختلفة التي تحدث بالنبات فتضعف بذلك مقدرة المادة الحية بالخلايا على التخلص من المواد السامة التي تنشأ وتتكون دائماً في الأنسجة، فالمعروف مثلًا أن العمليات المختلفة التي تحدث على الدوام بالنبات لها نواتج لا بد من تحويلها إلى نواتج أخرى للتخلص منها، وأن تراكم هذه المواد نتيجة لاختلال التوازن بين العمليات المختلفة يحدث الظواهر التي سبق الإشارة إليها، وتلعب عوامل الوراثة دوراً كبيراً في درجة تحمل المادة الحية بخلية النبات لإخلال التوازن الذي ينتج من انخفاض درجة الحرارة.

٢- ضعف مقدرة النباتات على امتصاص المياه من التربة، وبذلك يزيد ما يفقده النبات من المياه في عملية النتح والتبخير عما تمتصه الجذور من الأرض (انظر البخر والنتح) ، وتكون نتيجة ذلك جفاف بعض أو كل أجزاء النبات، وتغير في العمليات الحيوية المختلفة التي تجري بالخلايا.

وقد أثبتت التجارب وجود نقص كبير في قدرة جذور نباتات المنطقة الحارة وشبه الحارة على امتصاص الماء من التربة إذا انخفضت درجة حرارتها، وقد يحدث أن تنخفض درجة الحرارة كثيراً ليلًا، ثم يعقب

ذلك ارتفاع الحرارة بالنهار، ومن ثم ازدياد عملية النتح بينما لا تقوى الجذور على سد حاجة النبات من المياه، ومما يزيد من تأثير هذه الحالة حركة الهواء وقلة الرطوبة الجوية.

ويلاحظ أن الشعيرات الجذرية تتأثر جداً بانخفاض درجة الحرارة، ولا تسترد حالتها الأولى من هذه الصدمة بسرعة، وجلي من هذا أن وجود رطوبة كافية بالتربة يقلل من أضرار انخفاض درجة الحرارة، خاصة وأن الأرض في حالة وجود رطوبة كافية تقل درجة استجابتها للتقلبات الجوية، ولا تنخفض حرارتها كثيراً كالأرض الجافة (الحرارة النوعية لحبيبات التربة حوالي ٠,٢) وكثرة الرطوبة الجوية وسكون الهواء يعملان على تقليل النتح من النبات.

ومن المعروف أن بعض الخضروات إذا صادفت بذورها الثابتة حديثاً فترة صقيع فإن ذلك يقلل من نموها الخضري ويسرع من ابتداء أزهارها، وهذه الظاهرة يطلق عليها اسم "التربيع" ، وقد عملت لها دعاية واسعة في روسيا منذ حوالي ٢٠ سنة لزيادة إنتاج القمح، ولكن ظهر أن مزايا هذه الطريقة في إنتاج القمح مبالغ فيها.

وللصقيع تأثيره المفيد في حالة أشجار الفاكهة المتساقطة الأوراق كالتفاح والكمثرى والخوخ والرقوق... إذ تحتاج هذه الأشجار لنجاح نموها وإثمارها إلى طور سكون في الشتاء ودرجات من الحرارة المنخفضة أثناء ذلك تفيد كثيراً عند النمو في الربيع.

السحاب هو الجسم الذي سخر ليعطي المطر، والأصل في السحاب تكاثف أبخرة المياه بفعل التبريد الذاتي ليعطي مجموعات ضخمة من نقط الماء المختلفة الحجم والصفات، أو من بلورات الثلج أو منهما معاً، ومن هذه السحب ما هو قابل للنمو أو التراكم في الاتجاه الرأسي مع التيارات الصاعدة محليًا، ولذا تعرف بالركامية، ومنها ما ينجم عن رفع طبقة من الهواء بأكملها رفعًا تدريجيًا فيعطي طبقة متصلة من السحب، وتهبط مكونات هذه السحب جميعًا متأثرة بجذب الأرض لها بسرعات تختلف باختلاف حجوم هذه المكونات، إلا أن تيارات الهواء الصاعد التي يحدث فيها التكاثف تعمل على حمل هذه المكونات ضد الجاذبية الأرضية، ويبدأ التكاثف عادة في الهواء الصاعد عند مستوى أفقي معين يعرف باسم مستوى التكاثف وهو يحدد السطح الأسفل للسحب.

أما المطر فهو نقط من الماء أو بلورات الثلج أو منهما معاً كبر حجمها وازداد وزنها وتكاثرت داخل السحب فتساقطت من القاعدة، ويشتد سقوط المطر خاصة في مناطق ضعف التيارات الصاعدة أو مناطق تلاشيها ويبين الجدول رقم (٩) كيف أن النقط الصغيرة تهبط داخل السحب ببطء شديد (بالنسبة للهواء الساكن) بينما تصل سرعة سقوط نقط المطر نحو ٨متر في الثانية، ولا تتعدى سرعة سقوط نقط المطر هذا الحد لأن النقط الكبيرة التي تزداد أنصاف أقطارها عن ٠,٢٧٠سنتيمتر لا تقوى على التماسك مع بعضها البعض بل تنقسم فورًا إلى نقط أصغر، وكلما توفرت النقط النامية في قاعدة السحابة كلما

كانت هذه القاعدة قاتمة اللون لأن ازدياد عدد النقط الكبيرة من شأنه أن يحجب الضوء.

نصف القطر بالسنتيمتر	سرعة السقوط سنتيمتر في الثانية	نصف القطر بالسنتيمتر	سرعة السقوط سنتيمتر في الثانية
0.0005	0.3	0.020	180
٠.٠٠١٠	١.٣	٠.١٠٠	٤٠٠
٠.٠٠٥٠	٣٢	٠.٢٢٥	٥٠٠
٠.٠١٠٠	١٢٦	٠.٢٧٠	٨٠٠

جدول رقم (٩) سرعة سقوط نقط المطر المختلفة الأحجام بالنسبة للهواء الساكن

ومن السحب ما يتكون من ارتفاع طبقة من الضباب عن سطح الأرض متأثرة بتيارات الحمل المحلية التي يولدها الإشعاع الشمسي بعد الشروق ومنها ما يتكون بمجرد الإشعاع الحراري أثناء الليل من طبقة معينة من الهواء الرطب، ومثل هذه تتواجد كلها في طبقات خاصة وتعرف باسم الطبقي وهي كثيرة الشيوع في جو مصر السفلي أثناء أشهر الصيف خاصة، ويبدأ ظهورها قبل الفجر عادة وتستمر إلى ما بعد الشروق.

وتنقسم السحب من حيث مناطق تواجدها إلى ثلاث عائلات رئيسة هي:-



شكل (١٦) السمحاق

أ- سحب عالية (يزيد علوها على ٦ كيلو مترات) ومكوناتها بلورات من الثلج، وأشهر أنواعها السمحاق، والسمحاق الطبقي، والسمحاق الركامي، والسمحاق عمومًا سحب حريرية شفافة نوعًا ما، بيضاء اللون لا ترمي ظلًا، وهي تظهر في مجموعات أغلبها على شكل خصائل أو خيوط مفرودة أو ملتوية كما في شكل (١٦) ، أما السمحاق الطبقي فتتميز بظهورها في شكل طبقة متصلة سميكة نسبياً تغطي أغلب السماء أو السماء بأكملها بلون اللبن، وهي لا تحجب قرص الشمس أو القمر عند النظر، ويحاط القرص معها بهالة من نور، والسمحاق الركامي تتميز بأنها على شكل كريات صغيرة بيضاء تظهر في صفوف متراصة غالبًا.



شكل (١٧) السمحاق الركامي

وأحيانا تأخذ الشكل المتموج المشابه للرمال على شواطئ البحار كما في شكل (١٧).

ومن السحب العالية جداً والنادرة سحب اللؤلؤ، وأول ما رصدت واسترعت الانتباه كان في النرويج عام ١٨٧١م ثم في إنجلترا عام ١٨٨٤م ويكثر ظهورها في شهور ديسمبر ويناير وفبراير، وتتخذ أبهج مظاهرها قبيل الشروق أو بعد الغروب، وهي ذات ألوان فاقعة ونقية مرتبة في حلقات، ويكون الأحمر في المركز والبنفسجي في الحواف، ويتراوح ارتفاع هذه السحب من ٢٣ إلى ٢٨ كيلو مترًا، ولهذا فإن أشعة الشمس تتساقط عليها قبل الشروق أو بعد الغروب.

ب- سحب متوسطة الارتفاع (يقل ارتفاع القاعدة فيها عن السحب العالية إلا فيما ندر) ومكوناتها بلورات من الثلج مع نقط من

الماء، وأشهر أنواعها الركام المتوسط والطبقي المتوسط، والركام المتوسط كتل كروية الشكل تعطي ظلًا إذا كانت سميكة، وتظهر في صفوف متراصة، أو على شكل أمواج كما شكل (١٨) ومن هذه السحب الركامي المتوسط القلعي الذي يتميز بسطحه العلوي القلعي الشكل، وهو يسبق اقتراب الرعد وتغيرات الجو الفجائية، إذ يدل على عدم استقرار تلك الطبقات من الجو.



شكل (١٨) الركم المتوسط

أما الطبقي المتوسط فهي سحب رمادية أو زرقاء اللون تظهر على شكل طبقة متصلة تغطي أغلب السماء أو كلها، وهي تحجب الشمس إذا كانت سميكة "أما إذا كانت رقيقة فإنه يمكن رؤية الشمس أو القمر خلالها، ويكون القرص محاطًا بشبه أكليل فيه ألوان الطيف المرئي متداخلة – شكل (١٩) – ويجوز أن يتساقط المطر أو الثلج أو كلاهما

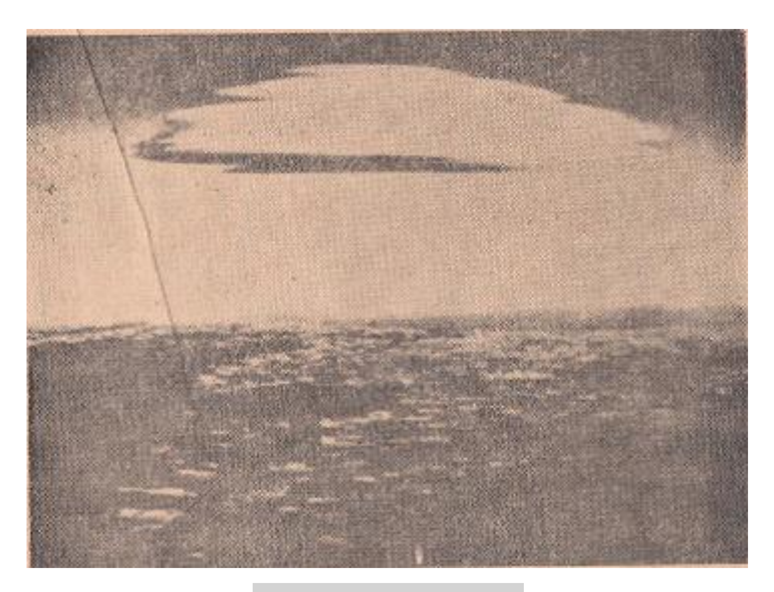
معًا من الطبقي المتوسط أو من السحب المتوسطة الارتفاع عمومًا، إلا أن أغلب مثل هذا المطر يتبخر قبل وصوله سطح الأرض.



شكل (١٩) قرص الشمس خلال الطبقي المتوسط

ومن أهم أنواع السحب المتوسطة الارتفاع السحب العدسية شكل (٢٠) لما بينها وبين العدسات المجمعة المعروفة من شبه شديد، وهي رغم ندرتها لها أهمية خاصة في تقدير عدم الاستقرار الجوي كما أن منها ما يتخذ شكل الأطباق عندما تبدو كأنها تدور حول محاورها كما سنبين فيما بعد.

جـ- سحب منخفضة (قد تصل قواعدها سطح الأرض خاصة في المناطق الجبلية)

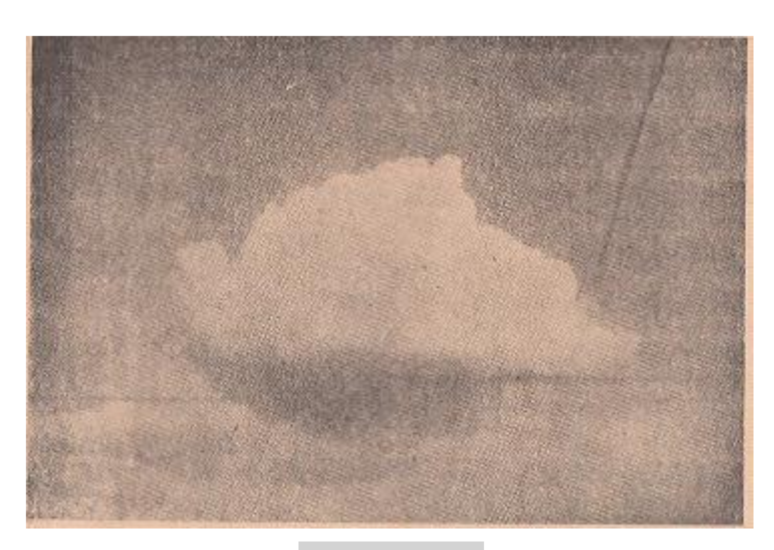


شكل (٢٠) سحابة عدسية

وأغلب مكوناتها نقط من الماء ويتواجد الثلج في قممها وأشهر أنواع هذه العائلة الركام ومنه الركام المزني (الكيلو ملونميس) والركام الطبقي والمزن الطبقي (نمبوستراتس). ومن أنواعها أيضاً الطبقي وهي سحب مسطحة تقريبًا متجانسة ولا تنمو رأسياً كما سبق.

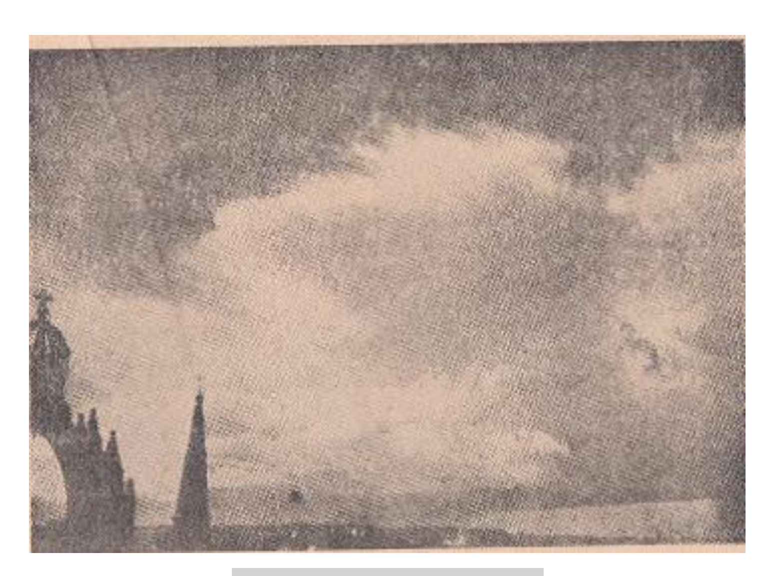
والركام عمومًا سحب تتميز بظهورها في كتل متفرقة شكل (٢١) متفاوتة الحجم، ولكنها ذات تكوين رأسي ملحوظ (أي أنها تنمو رأسيا). قممها محدودة المعالم، أشبه شيء بالقباب، أما قواعدها فأفقية ما لم ينزل منها المطر فتتدلى حيث ينزل المطر، ويتفاوت ارتفاع قممها تفاوتًا عظيمًا

كما أن لون السحابة يختلف من الرمادي أو الداكن المعتم في القاعدة إلى الأبيض الناصع البياض عنه في القمة.



شكل (٢١) الركام

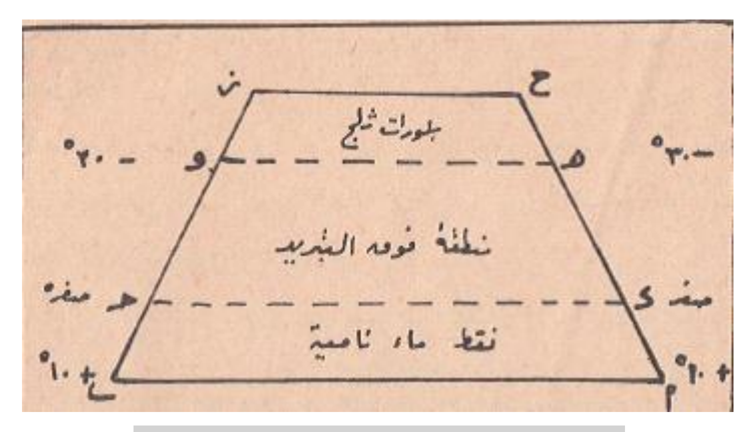
وعندما تنمو هذه السحب رأسياً وتشمخ كالجبال تعرف باسم "الركام ذو السندان" الذي تسوقه معها الجبهات الباردة أو تيارات الحمل التي تصحب حالات عدم الاستقرار في الجو، حيث تصعد قممها إلى ارتفاعات السمحاق أو أكثر كما في شكل (٢٢) وينهمر منها رخات شديدة من المطر، أما المطر المتواصل فيصحب ظهور سحب المزن الطبقي عادة.



(شكل ٢٢) الركام ذو السندان

مراحل التبريد في الركام المكتمل النمو:

عندما تكمل السحب الركامية نموها يمكن أن تميز فيها طبقات ثلاثة كما في شكل (٢٣) الذي يعطي مقطعًا رأسيًا في ركام مزني، فالقاعدة أب تمثل مستوى التكاثف، وهو الارتفاع الذي يبدأ عنده التكاثف في الهواء الصاعد (١٠ ° مئوية في هذه الحالة). ويمثل المستوى د جـ نقطة الجليد أو الارتفاع الذي تنخفض عنده درجة حرارة الجو إلى الصفر المئوي، وعليه فإن أغلب مكونات المنطقة أ ب جـ د هي نقط نامية من الماء.



شكل (٢٣) مراحل التبريد في ركام مكتمل النكو

ويمثل المستوى و هـ درجة ٣٠ ° مئوية تحت الصفر، فإذا كانت هذه هي نقطة التجمد الفعلية، أي أن التكاثف داخل السحابة يمكن أن يكون في صورة نقط من الماء فوق المبرد إلى هذا الحد فقط بينما يكون في صورة بلورات من الثلج في درجات الحرارة التي تقل عن ٣٠ ° مئوية تحت الصفر، فإن المنطقة د جـ و هـ تمثل منطقة فوق التبريد، وتكون في نفس الوقت في حالة التشبع بالنسبة للنقط المائية وفي حالة فوق التشبع بالنسبة لبلورات الثلج، أما المنطقة العليا و ز ح هـ فهي مرحلة بلورات الثلج وهي تبدو ناصعة البياض.

هذه هي مراحل التبريد أو المناطق الثلاثة داخل السحب الركامية النامية، ولكل مرحلة منها صفاتها الطبيعية ودورها المستقل الذي تلعبه في عمليات الهطول، فليس نزول المطر أو البرد إلا نتيجة لما يتم داخل هذه المناطق وبخاصة المنطقة الوسطى من عمليات حرارية، فالهطول إن هو إلا نتيجة نمو مجموعات معينة من مكوناتها السحب بطريقة خاصة

بالنسبة للمجموعات الأخرى، وسقوط هذه المجموعات النامية لازدياد حجومها.

الهطول (المطر):

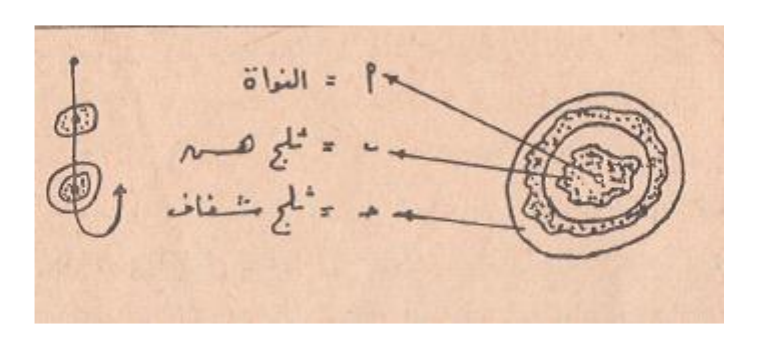
عندما تلائم الظروف نمو بلورات الثلج في قمم السحب وازدياد حجومها باستمرار عمليات التكاثف في تلك المناطق تهبط البلورات النامية إلى أسفل وتدخل في وسط السحابة إلى منطقة فوق التبريد، وهنا تبدأ قصة جديدة هي قصة سقوط المطر، وليس لهذه القصة علاقة مباشرة بموضوع التبريد الذاتي، ذلك لأنه بمجرد أن تتواجد بلورات الثلج في منطقة فوق التبريد وتتصادم كلها أو بعضها بالنقط فوق المبردة يتجمد جزء من كل نقطة فوراً، ويتم تجمد الجزء الباقي على التدريج بفعل برودة الجو ويتبع ذلك كله نشاط ملحوظ في عمليات التكاثف، ويترسب بخار الماء فوق المكونات الجديدة فتنمو وتهبط ويذوب الجزء المتجمد وهو في طريقه إلى سطح الأرض في أغلب الأحيان، هذا مجمل لإحدى النظريات الشائعة.

وفي حالات سحب المزن تنمو النقط الصغيرة التي بداخلها أسرع من غيرها، حتى إذا ما وصلت إلى حجم معين لا تقوى على التماسك فتنقسم إلى مكونات صغيرة، سرعان ما تنمو بدورها ثم تنقسم بنفس الوسيلة وهكذا لا تلبث السحابة أن تتضخم كميات النقط في قاعدتها بهذه الطريقة فتبدو وفيرة المياه، ثم ينهمر منها المطر.

البرد:

عندما تتوفر تيارات الحمل الصاعدة وتنمو السحب الركامية وتكون منطقة فوق التبريد فيها سميكة، فإن تيارات الحمل عندما تشتد تدفع بكثير من مكونات هذه المنطقة الوسطى إلى أعلى السحابة، ومن هذه المكونات نقط فوق مبردة تجمدت أجزاء منها بسرعة نتيجة تصادمها ببلورات الثلج (الهابط من أعلى السحابة) واحتبست معها بعض الهواء في صورة ثلج هش ويتم تجمد الجزء السائل على التدريج مكونًا طبقة من الثلج الشفاف حول الجزء الهش.

وعندما يضعف تيار الحمل تهبط أغلب هذه المكونات الجديدة مرة أخرى إلى المنطقة الوسطى حيث تتصادم مع نقط من الماء فوق المبرد وتتجمد أجزاء هشة جديدة، ويمكن لهذه السلسلة من الحوادث أن تتكرر عدة مرات تبعًا لضعف واشتداد تيارات الحمل وبذا تتكون حبات البرد التي تختلف حجومها تبعاً لتكرار عمليات الترسب والتجمد، وبالتالي تبعًا لشدة تيارات الحمل التي تكفي لحملها ويبين شكل (٢٤) خطوات تكوين إحدى حبات البرد أو "قصة البرد" حيث يرى المركز (أ) ممثلًا بلورة من الثلج سقطت في بدء التكوين من القمة إلى منطقة فوق التبريد، وتمثل الطبقات (ب) مناطق الثلج الأبيض الهش الذي يحتبس الهواء نتيجة التجمد السريع لأجزاء من نقط الماء فوق المبرد.



شكل (٢٤) قصة البرد

أما الطبقتان (حـ) فيمثلان الثلج الشفاف الصلب الذي يتكون نتيجة البرودة والتجمد البطيء للماء السائل حول (ب) ، ومن البرد ما يبلغ طول قطره عدة سنتيمترات وهو يتساقط في عواصف الرعد حينما تشتد تيارات الحمل، ومن أمثلة ذلك ما حدث في شمال مصر في مايو عام ١٩٤٥م إذ تساقط برد بحجم الرمان.

الثلج:

الثلج من ملازمات التكاثف في الهواء المتجمد، أي الذي تنخفض درجة حرارته تحت الصفر، فالهواء المتجمد عندما تتوفر فيه نويات التكاثف الصلبة يتخلص من بخار الماء الزائد بعمليات التكاثف إلى بلورات من الثلج مباشرة كما سبق، وتنمو هذه البلورات حتى تصل أقطارها إلى أقل من السنتيمتر بقليل مكونة بذلك نجوما وصفائح كما في شكل (١٢) وعندما تتصادم هذه النجوم أو الصفائح مع بعضها البعض

تتحد وتكون حزمًا لا تلبث أن تتساقط تدريجيًا إلى الأرض، وكثيراً ما تتراكم هذه الثلوج وتشل المواصلات أو تقطع وأسلاك البرق.

وتتساقط الثلوج في الشتاء على جزء كبير من المناطق الباردة، ويتفاوت سمكها من ٥سنتيمتر إلى متر أو أكثر وتسبب هبوطًا في حرارة الجو أو تعكس نسبة كبيرة من الإشعاع الشمسي كما تسمح لسطح الأرض بالإشعاع الحراري، ولا يمكن أن ترتفع درجة حرارة الجو في البقاع المغطاة بالثلوج عن الصفر إلا بعد ذوبان الثلج كله حتى برغم سطوع الشمس، وعندما تتراكم الثلوج على الجبال ثم تذوب في الربيع تسبب فيضانات الأنهر، ولهذا يزداد عادة منسوب الأنهار التي تنبع من جبال ثلجية في فصل الربيع، ومن أمثلة ذلك نهر دجلة.

وفي أوروبا يبدأ ظهور الثلوج عادة من ديسمبر ويختفي من مايو ويكثر على الأجزاء الشمالية، ويندر سقوط الثلج في شمال إفريقية في الشتاء، ولكن لشدة البرودة في أعالي الجو تتغطى قمم الجبال بالثلوج طول العام، ويسمى الارتفاع الذي تظهر عنده الثلوج الدائمة باسم "حد الثلج الدائم" ، وهو يبلغ ارتفاعه نحو ١٢٠٠متر في النرويج ونحو ٢٧٠٠متر في الألب، ونحو ٥٥٠٠متر على جبال الكليمانجارو، ونحو ٦٥٠٠متر على جبال مكسيكو، وهكذا يتغير ارتفاع هذا الحد الدائم بتغير الوضع على سطح الأرض وبتغير كميات الثلج المتراكمة طول العام، ونوع وطبيعة الرياح السائدة والتعرض للإشعاع الشمسي.

ترسب الثلوج على الطائرات:

قد يتكون الثلج الخفيف أحيانًا على الطائرات أثناء انحدارها السريع وخاصة خلال السحب، فيغطي زجاج النوافذ ويحجب المشاهدة، وقد يغلف الشاخص الهوائي لجهاز اللاسلكي (إيريال) فيعطل الإشارات اللاسلكية، وقد يحدث أثناء الطيران وسط السحب التي في درجات من الحرارة تحت الصفر (كما هو الحال في أواسط السحب الركامية مثلًا التي تغزو مصر في فصل الشتاء) أن تتكون طبقات من الجليد على الأجنحة تزيد من ثقل الطائرة من جهة وتحدث سلسلة من الاهتزازات لعدم الترسب بانتظام لهذا الجليد. ويختل الشكل الانسيابي للطائرة كذلك مما يضعف قدرتها على الحمل والطيران.

وتزداد الخطورة في حالة ترسب الثلوج على الطائرة إذا تساقطت عليها أمطار لا تلبث أن تتجمد بدورها ويتضاعف الحمل، ويحدث ذلك خاصة إذا كانت قواعد السحب الممطرة منخفضة وقريبة من سطح الأرض، وتتوفر مثل هذه الظروف أحيانًا في بعض عواصف الشتاء الممطرة على طور سينا وبلاد الشام.

وعلى الطيار عندما يرى الجليد آخذاً في التكون أن يبادر بالخروج من تلك الظروف بأسرع ما يمكن، وذلك إما بالصعود إلى الجو الصافي أو بالهبوط وفي حالات السحب الركامية النامية قد يستلزم الصعود التحليق على ارتفاعات أكبر من ثمانية كيلو مترات، وقد ظهر أن لبعض المعاجين خاصية مقاومة تكون الجليد عليها، وقد استعين بها في

تقليل خطر الجليد على الطائرات بدهان حافات الأجنحة ونحوها بهذه المعاجين، وهناك أيضًا أجهزة خاصة لإزالة الجليد أولًا بأول.

الأطباق الطائرة:

أثبت البحث والتنقيب أن ظاهرة الأطباق الطائرة ليست حديثة العهد وأنه سبق أن رصدت في حالات متفرقة منذ أزمنة بعيدة، وقد وردت الإشارة إليها في كتب عديدة من العهد القديم، كما شوهدت في الهند منذ القدم وسجلت أرصادها في الكتب الدينية المحفوظة، وفي الأساطير، هذا وقد شوهدت أيضا طائفة من الأطباق في القرن الماضي، ومنها ما ظهر في الجزر البريطانية في ١٢ من أكتوبر عام ١٨٥٩م ووصفه الراصد بقوله "كانت الليلة مقمرة والسماء صافية، تكاد تخلو من السحب، وكانت الساعة السابعة والثلث مساء حينما شوهد ضوء أحمر يتوهج في الاتجاه الجنوبي الشرقي، أخذ يتحرك حتى بلغ منتصف السماء في ربع ساعة واستمر حتى الثامنة والربع، وكان لونه يتغير من الأحمر إلى الأخضر الباهت ثم اختفى بعد ذلك" .

ومهما يكن من شيء فإنه من المسلم به أنه لم يعم حديث الأطباق الطائرة ولم يسترع الأنظار إلا في أواخر عام ١٩٤٥م، أي بعد تفجير القنبلة الذرية، كما أن ظهورها لم يتخذ الشكل الجدي إلا بعد عام ١٩٤٧م أي بعد تفجير الذرة في سلسلة من التجارب العلمية في أمريكا وروسيا وبريطانيا، وبدأ الحديث عنها في القارة الأمريكية ثم في القارة الأوروبية ثم انتقل إلينا في مصر.

ومن أوائل الأوصاف الدقيقة التي أذيعت في الولايات المتحدة الأمريكية عن أخبار هذه الأطباق ما جاء على لسان أحد رجال الأعمال الذي كان مسافراً في طائرة خاصة عام ١٩٤٧م قال "عندما اقتربت من قمة أحد الجبال العالية لاحظت ما بدا لي كمجموعة من طائرات غير مألوفة تطير فوق الثلوج التي كانت تغطي قمة الجبل كجمع من الأوز تتابع في انتظام كحلقات سلسلة محكمة، ولم أر لها ذيولا، وهي مسطحة أشبه شيء بالأطباق وتعكس ضوء الشمس كالمرايا تمامًا ولم أر في حياتي شيئًا يتحرك بمثل سرعتها".

وكل ما نستطيع أن نستنتجه من مثل هذه الأوصاف وغيرها هو:

أولا – الأطباق الطائرة ظاهرة جوية حقيقية وليست خيالية، وهي تشاهد في جو الأرض.

ثانيا – شوهدت في القدم وفي عصور مختلفة.

ثالثا – يلوح أنها كثرت نسبيًا بعد تفجير الذرة في هذا العصر.

رابعاً – زاد الاهتمام بأمر الأطباق الطائرة، وكثر الكلام عليها في السنين الأخيرة، مما جعل الناس يتطلعون دائماً إلى السماء ويرقون أركانها، فأتيحت لهم بذلك فرصة مشاهدة هذه الظاهرة ورصدها بوفرة.

وقد يكون تفجير الذرة حقاً من العوامل التي صحبها ظهور الأطباق الطائرة بوفرة في جو الأرض ولذا يجب أن نبحث عن العلاقة بين الظاهرتين، ظاهرة تفجير الذرة في سلسلة من التجارب في البلدان

المختلفة وظاهرة وفرة ورود الأطباق الطائرة ومشاهدتها في الجو في السنين الأخيرة، إذا كانت هناك علاقة فعلية.

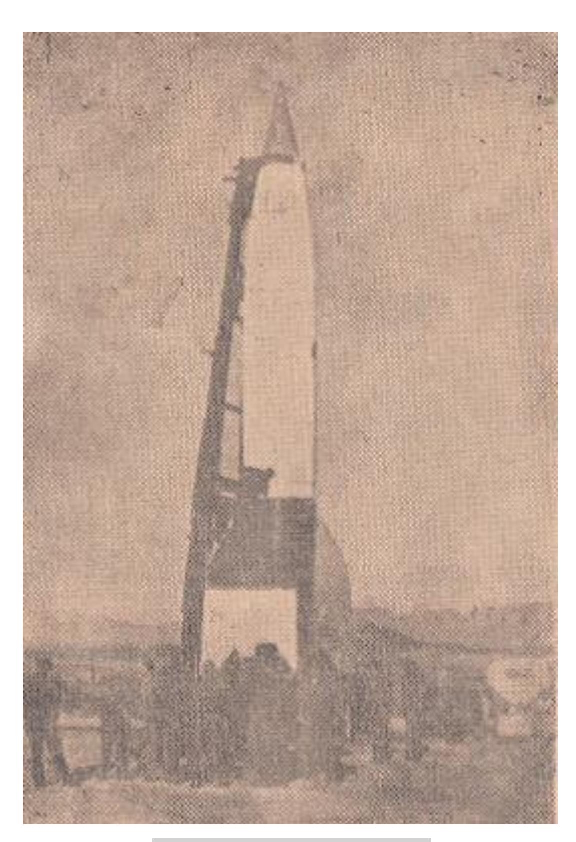
لهذا افترض البعض أن هذه الأطباق قوات استكشاف جاءت من كوكب آخر مسكون لتراقب ما يفعله سكان الأرض بعد تفجيرهم الذرة واكتشافهم ذلك السر الدفين الذي هو سر الأفران الإلهية، فالشمس، وهي من الأفران الإلهية في هذا الوجود، سر توهجها وإضاءتها الأزليين هو ما يتم فيها من تفجير ذرات غاز الأيدروجين وتحولها أولًا بأول إلى هيليوم، ومن الجائز أن يكون ذلك الكوكب المسكون قد عرف أصحابه الاحتمالات الجهنمية التي تكمن وراء هذا السر الرهيب، ومن ثم رأوا من واجبهم نحو حماية أنفسهم وحماية سكان الكواكب الأخرى مثل الأرض وأهلها أن يرسلوا قوات استكشاف ترقب الأرض وما يجري عليها!!

وفي نفس هذا المعنى يقول البروفسور هيرمان أوبرت أحد خبراء الصواريخ الألمان أنه يعتقد أن سكان الكواكب الأخرى يرقبون مجرى الأمور التي نجمت عن تفجير الذرة على الأرض، وذلك في الأطباق الطائرة التي تهبط إليها وأعرب عن اعتقاده بأن سكان تلك الكواكب قد تقدموا كثيراً في هذا المضمار عن سكان الأرض!

ومثل هذه الافتراضات لا تعدو كونها مجرد آراء شخصية إذ لا يمكن الجزم بها، خصوصًا وأنه لم يثبت بعد وجود كائنات حية مفكرة في نطاق كواكب المجموعة الشمسية، ومنها المريخ والزهرة، فلم يجزم العلماء بوجود حياة حيوانية على غير الأرض، ولو أن في المريخ شواهد

تدل على تواجد النبات والماء، كما أن فيه أشبه شيء بعمليات الزرع والحصاد على نطاق واسع، ويستدل عليها جميعًا بالأطباق أو التحليل الضوئي.

أما الإنسان فإنه سيصل إلى تلك الكواكب إن عاجلًا أو آجلًا باستخدام الطاقة الذرية أو القوة الكامنة وراء الأفران الإلهية، تلك القوة ذات السلطان والجبروت "يا معشر الجن والإنس إن استطعتم أن تنفذوا من أقطار السموات والأرض فانفذوا لا تنفذون إلا بسلطان" وقد وصل الإنسان باستعمال الصواريخ إلى ارتفاعات شاهقة ويبين شكل (٢٥) الصاروخ (ف٢) الذي أطلقه قسم البحوث بالسلاح البحري الأمريكي عام ١٩٤٦م فوصل إلى ارتفاع نحو ٢٠٠ كيلو متراً من سطح الأرض.



شكل (٢٥) الصاروخ ف ٢

وأمكن بذلك تسجيل كثير من خصائص الجو العلوي ودراستها بدقة، ويبين شكل (٢٦) منظراً عامًا لجزء من الولايات المتحدة صور على ارتفاع ١٠١ ميل ويظهر بجلاء ساحل كاليفورنيا في القمة إلى اليسار كما يظهر إنحناء سطح الأرض.



شكل (٢٦) صورة ساحل أمريكا من ارتفاع ١٠١ ميل

وعلى النحو السابق فسر بعض الناس العلاقة بين تفجير الذرة على الأرض وكثرة ورود الأطباق الطائرة في جوها، ولرجال علم الأجواء مذهب غير هذه المذاهب ورأى وإثبات نود أن نكشف عنهما متوخين البساطة قدر المستطاع، فهناك ظواهر جوية، أو شواهد عديدة في الطبيعة، يمكن أن تنطبق عليها أوصاف الأطباق الطائرة، كلها أو بعضها، من هذا اعتبار الأطباق الطائرة مجرد ظاهرة ضوئية، فمن المعروف أن الشمس تقذف بسحب من الغاز بعيداً عن جوها فإذا حدث ودخلت أجزاء من هذه السحب جو الأرض فإنها تتجمع وتتوهج نتيجة احتكاكاتها بالهواء، فتبدو في الجو كجسم غير متماسك ذا وهج خاص، ويمكن للتفجيرات الذرية أن تولد مثل هذه المجاميع من الغازات المتأينة

في طبقات الجو السفلى، مما يفسر لنا وفرة بعض هذه الأطباق في هذا العصر.

والغاز المتأين هو الغاز الذي تحلل إلى مكوناته الكهربائية، فمثلا إذا تأين غاز الأوكسجين انعزلت الإلكترونات أو الشحنات السالبة عن النويات موجبة التكهرب ويتم هذا التحليل أو التأين بفعل الإشعاعات القصيرة الأمواج والحرارات العالية جداً التي تصحب الانفجار الذري أو الاحتكاك بالهواء، والغاز (وما في حكم الغاز مثل السحب) هو الجسم المادي الوحيد الذي يمكن أن يتغير حجمه وشكله عند انطلاقه في الجو، فهو عندما يصعد يقل الضغط الجوي عليه فيزداد ويتفرطح أو يتمدد ويشغل حيزًا أكبر، أما عندما يهبط فإنه ينكمش ويتقلص، وقد يصبح كالسيجارة تمامًا، وجميع هذه الأوصاف معروفة ومتفق عليها لكثرة ورودها عند ذكر الأطباق الطائرة، وتتحرك هذه الأجسام الغازية متأثرة بعوامل محلية وبسرعتها الأولى التي اكتسبتها عند تولدها، كما تقذف بها الرياح من جهة إلى أخرى فيتوالى بذلك ظهورها في جهات متفرقة قبل اندثارها نهائياً، ومن الظواهر التي تصحب الغازات المخلخلة المتأينة ظاهرة الأورورا أو المفجر القطبي أو الوهج القطبي (راجع شكل١).

وهناك ظاهرة جوية أخرى هي حدوث التكاثف على نطاق ضيق أو محصور في صورة بلورات من الجليد خلال الطبقات العليا، ويحدث ذلك تحت ظروف خاصة تلائم هذا الكون، فمثلًا إذا كان الهواء الجوي باردًا أي تحت درجة الجليد أو الصفر المئوي وكان مشبعاً بالرطوبة فإنه لا تتكون بلورات من الثلج إلا إذا تواجدت جسيمات صغيرة صلبة

كالرماد أو الأتربة، ولهذا فإن مرور الشهب المحترقة خلال هذه الأجواء يؤدي إلى تكوين الضباب المكون من بلورات الثلج، وتعكس هذه البلورات الثلجية الأضواء التي تسقط عليها فتبدو كتلة الضباب متوهجة أحياناً بسبب تحرك البلورات المستمر، كما في شكل (٢٧أ).

ويمكن أن تكون الأطباق الطائرة من السحب النادرة فقد لوحظ أن فريقاً كبيراً مما يطلقون عليه اسم الأطباق الطائرة يطابق فعلا أوصاف مثل هذه السحب.



شكل (٢٧ ا) تكاثف محلي اثر احتراق شهاب عابر

ومن السحب النادرة عظيمة الشبه بالأطباق الطائرة السحب العدسية سابقة الذكر (راجع الشكل ٢٠) خصوصاً وأن منها ما يعرض ألوانًا في صورة أضواء جميلة، وهي قد تتواجد متراصة مما يفسر مجاميع الأطباق أحياناً، ومن الثابت علميًا تكون سحب دوامية (أي في صورة دوامات) من الأنواع العدسية فوق الجبال الثلجية وتبدو هذه السحب الدوامية كأنها تلف أو تدور حول محاورها بسرعة فائقة وقد كتب الكابتن

(ج. ماري متشل) من واشنجتون في مجلة وذر اللندنية عدد فبراير عام ١٩٥٥ يقول:



شكل (٢٧ ب) سحابة دوامية (طبق طائر) !

"كنت أعمل في السلاح الجوي الأمريكي في ألاسكا، حيث يكثر ظهور السحب العدسية وهي تتخذ أحيانًا شكل الأطباق وخاصة لمن ليس لديهم خبرة بأعمال رصد السحب، وتبدو بعض هذه السحب كأنها تدور حول محورها، وإلى جانب ذلك يحدث فيها تكاثف غير منتظم وخاصة في جوانبها أي تزداد البلورات الثلجية في الجوانب نتيجة لاختلافات الرياح، فتبدو كأنها تتحرك في اتجاهات متباينة، ويبين الشكلان (٢٧ب)، (٢٧ج) بعض هذه السحب التي تبدو كالأطباق الطائرة تماماً.



شكل (٢٧ جـ) سحابة دوامية (طبق طائر

المطر الصناعي

الاستسقاء في الماضي والحاضر:

أهم العناصر الجوية ذات التأثير المباشر على حياة الإنسان وثروته بعد درجة الحرارة هي المطر، فهو مصدر المياه العذبة على الأرض، وعليه يتوقف كيان الزراعة التي هي ينبوع الرخاء المستفيض ومورد الثروة الدائم منذ القدم، وإذا شحت كمية المطر عن معدلها في إقليم ما أجدبت الأراضي وأقحلت المراعي ونفقت الماشية، وقد لا ينصلح حال الإقليم إلا بعد سنوات، ففي صحراوات مصر التي يرتادها الأعراب تبور الأرض ويعم القحط إذا قل المطر عن معدله وصار شحيحًا.

ومهما يكن من شيء فإن أعمال الري والرعي، سواء كانت باستخدام المطر مباشرة أو بالأنهر والترع والقنوات تتوقف على ما تجود به السماء من مطر كل عام، ومنذ القدم عرف الإنسان البدائي قيمة المطر لحياته وحياة ماشيته، فكان ولا يزال يعالج شحه بالسحر والشعوذة، وفي كثير من الشعوب المتحضرة تستخدم الصلاة ومنها صلاة الاستسقاء، لتجود السماء بالماء، فقد حدث في اتحاد جنوب إفريقيا قبل الحرب العالمية الأخيرة مثلًا أن صرح الجنرال سمطس المعروف تصريحًا عده الشعب منافيًا للدين، وأعقب ذلك جفاف ظاهر في البلاد فأقام الحزب المعارض ضد سمطس وحزبه دعايته على أن ما قاله سمطس أغضب الله تعالى، فلما جرت الانتخابات ونجح رئيس

المعارضة بفضل دعايته هذه كان أول عمل قام به أن دعا قومه لتخصيص يوم يدعون الله تعالى فيه لإنزال الغيث، ولقد حدث أن فتحت أبواب السماء بوابل من المطر بعد ثلاثة أيام من إقامة الصلاة.

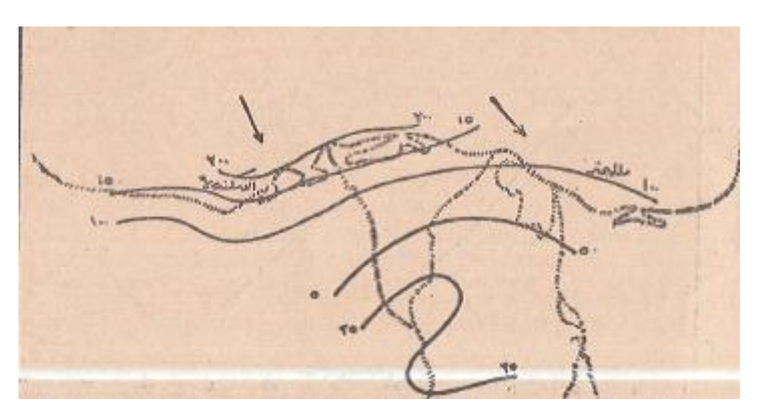
ولقد ثبت الاستسقاء بالكتاب والسنة – قال تعالى "فقلت استغفروا ربكم إنه كان غفارا يرسل السماء عليكم مدرارا". وكان الرسول (صلى الله عليه وسلم) يستسقي فيدعو الله تعالى، ومن دعائه: "اللهم اسقنا الغيث ولا تجعلنا من القانطين، اللهم إن بالعباد والبلاد من الجهد والجوع والضنك ما لا نشكو إلا إليك، اللهم أنبت لنا الزرع أدر لنا الضرع وأنزل علينا من بركات السماء وأنبت لنا من بركات الأرض واكشف عنا من البلاء مالا يكشفه غيرك، اللهم إنا نستغفرك إنك كنت غفارا فأرسل السماء علينا مدرارا".

هكذا عالجت أو تعالج الشعوب على اختلاف ما بينها من نزعات فكرية وثقافات علمية جفاف البلاد، ولكن لأهل العلم الطبيعي مذهب غير تلك المذاهب ورأى نود أن نكشف عنه، خصوصاً وأن كميات المطر الشتوي تتناقص في بعض أرجاء الشرق الأوسط مثل شمال مصر.

التناقص في المطر الشتوي وضرورة استغلال المطر الصناعي:

أغلب أمطار شمال مصر والشرق الأوسط عمومًا شتوية، تدخل في نطاق الغربيات السائدة عندما تنساب صوب الجنوب متبعة في ذلك حركة الشمس الظاهرية، وتبلغ كميات الهطول الشتوي أقصاها قرب

الساحل وتتناقص سريعًا كلما بعدنا عنه، كما أن أكثر البقاع أمطارًا في مصر منطقة الإسكندرية حيث يتعامد الشاطئ على اتجاه الرياح الحاملة للسحب الممطرة (نحو ١٩٠ ملليمتر في العام) كما هو مبين في شكل (٢٨). وتقل أمطار الساحل كثيراً فيما بين دمياط وبورسعيد حيث يتوازى الشاطئ تقريباً مع الرياح الممطرة ويبلغ المتوسط السنوي للأمطار نحو ٨٠ ملليمترا فقط، ولهذا فإن الساحل الغربي، وخاصة منطقة الإسكندرية من أصلح البقاع للاستفادة من المطر عموما ومن المطر الصناعي خاصة.



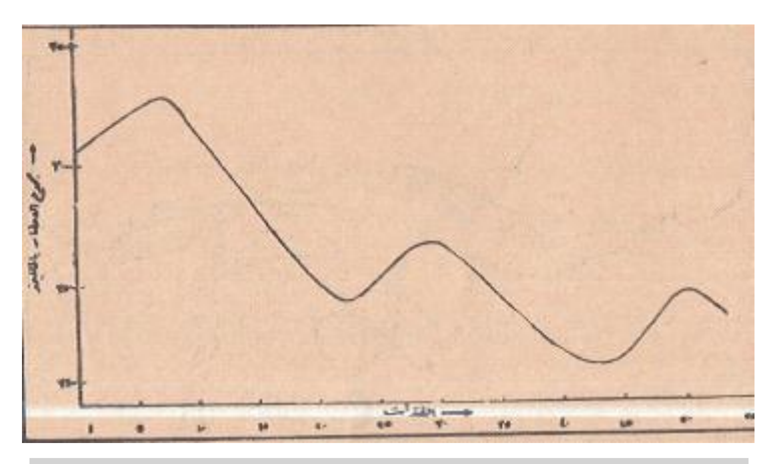
شكل (٢٨) التوزيع العام للأمطار في مصر

ولقد درست أمطار الإسكندرية في المدة بين عام ١٨٧٠ وعام ١٩٥٥م وأمكن تقسيمها إلى قسمين، القسم الأول لا يعول كثيراً على نتائجه لاختلاف المحطة وأجهزة الرصد ويمتد إلى أرصاد عام ١٨٨٨م، أما القسم الثاني فيشمل أرصاد محطة كوم الناضورة منذ عام ١٨٨٩م

إلى اليوم، وهذه الأرصاد يعتمد عليها لعدم اختلاف الموقع والأجهزة ونظام الرصد، وأهم نتائج هذه الدراسة هي:-

١- يوجد ميل مستمر للتناقص في كميات المطر السنوي يظهر بوضوح في متوسطات الستين سنة الأخيرة.

٢- يجرى مع هذا التناقص العام في أمطار الشتاء ذبذبات بعضها منتظم (أي لها دورات معينة). ومن هذه الذبذبات المنتظمة دورة مدتها ٢١ سنة، ويوضح شكل (٢٩) بكل جلاء ووضوح منحنى متوسطات المطر خلال فترات قدر كل منها ١٤ سنة.



شكل (٢٩) منحنى كميات المطر خلال فترات قدر كل منها ١٤ سنة

فقد قسمت الأرصاد كلها إلى مجاميع كل مجموعة تشمل أرصاد ١٤ سنة متتالية ولهذا فإن كل نقطة على الشكل تمثل المطر خلال ١٤ عاما وذلك لتقليل التغيرات والذبذبات الصغيرة التي تشاهد من عام لآخر.

وإذا أضفنا إلى ذلك أن فكرة استخدام الآبار في الري (مثل الآبار الرومانية) واستهلاك المياه الجوفية القريبة من سطح الأرض على نطاق واسع لا يمكن الاعتماد عليها مخافة أن تكون هذه المياه، كلها أو بعضها، مجرد تجمعات لمياه المطر الشتوي سابقة الذكر، وخاصة في المناطق الصحراوية الساحلية، فإنه يتضح جليًا أن المطر الصناعي وتجاربه ضرورة من الضروريات، وفي السودان أيضا وجد أن محصول قطن أرض الجزيرة يتناسب طرديًا مع كميات المطر في شهري يوليو وأغسطس ولهذا فإن المطر الصناعي هناك أيضًا ضرورة من الضروريات عندما تشح كميات المطر الطبيعي.

فكرة المطر الصناعي:

المقصود من المطر الصناعي حتى الآن هو "عصر" السحب الممطرة أو القابلة للأمطار، وذلك بتوليد حالات من فوق التشبع داخلها بطرق صناعية، من هذه الطرق:-

١- قذف بلورات من الثلج الجاف مباشرة بواسطة الطائرات أعلى السحب الركامية، فإن هذه البلورات لا تلبث أن تهبط إلى المناطق الوسطى من هذه السحب لتبدأ قصة سقوط المطر الصناعي على غرار سقوط المطر الطبيعي سالف الذكر، عندما تهبط مكونات الثلج في الطبقات العليا إلى طبقة نقط الماء فوق المبرد.

٢- قذف مسحوق أو أبخرة يودور الفضة بدلا من بلورات الثلج أو حرقه بحيث يكون سحبا كثيفة وذلك إما بالطائرات أو مع التيارات الهوائية الصاعدة التي بها مناطق تكون السحب ويتم ذلك بواسطة أجهزة خاصة لهذا الغرض أو أفرن لتوليد الأبخرة، ويودور الفضة من أجود نويات التكاثف الصلبة وسبق شرح خواص مثل هذه النويات خاصة عند حدوث التكاثف في درجات أقل من الصفر المئوي، إلا أنه عندما تمر على قذفة (أو على توليد أبخرته في الجو) أزمنة كبيرة فإنه يفقد كثيراً من خصائصه ونشاطه كمساعد على التكاثف.

٣- رش نقط من الماء أسفل السحب أو أعلاها، فإن هذه النقط الصغيرة لا تلبث أن تنمو وتنقسم في سلسلة متواصلة يكون من نتائجها حتما زيادة كميات النقط المتراكمة في قاعدة السحابة مما يعقبه نزول المطر، والسحب التي تغذى بهذه الطريقة لا تصل قممها عادة إلى درجات منخفضة أو أقل من الصفر.

ومجمل القول أنه لكل من هذه الطرق ظروفها الخاصة ونتائجها، فمثلًا يمكن استخدام طريقة يودور الفضة في حالة الهواء الصاعد في الجبهات الباردة (عند المقدمة) بواسطة أجهزة أرضية والاستغناء عن الطائرات ولكن الأمر يتطلب إلى جانب ذلك تحديد مدى الاستفادة من الطرق الصناعية، والجزم بأن المطر الذي يتساقط إنما تسبب بالطرق الصناعية، وكل هذا يتطلب أجهزة خاصة ودراسات مستفيضة بدئ بها في كثير من دول الغرب والشرق.

وقد أجريت أخيراً تجارب المطر الصناعي في باكستان واستخدم في ذلك مسحوق ملح الطعام المستخرج من الجبال، وكللت التجارب بالنجاح في أغلب المناطق الداخلية التي وجد بالقياس أنها يعوزها كميات وفيرة من نويات التكاثف إبان الأمطار الموسمية، وذلك لبعدها عن البحر.

تغيرات الجو أو الدورات المحلية

طاقة الحركة:

تنشأ الرياح، أو حركة الهواء عادة من تأثير فروق الضغط الجوي وهذه الفروق إما أن تكون على نطاق واسع شامل لأغلب سطح الأرض فيولد الدورة العامة للرياح، وإما أن تنشأ الفروق محلياً لسبب من الأسباب فتنتج عنها الدورات المحلية التي تسبب تغيرات الجو من آن لآخر، وطاقة الحركة هذه هي إحدى طاقات الجو الهامة، وهي تقدر لأي كتلة (ك) تتحرك بسرعة متوسطها (ع) بالكمية.

$\frac{1}{2}$ ك ع^{٢}

أي أنها تتناسب طردياً مع مربع السرعة، وأهم ما يسبب تغيرات الضغط الجوي تباين كثافة الهواء الناجم عن اختلافات درجات الحرارة وكميات بخار الماء العالقة فيه، ولما كان مصدر الحرارة والرطوبة في الجو هو سطح الأرض فمن البديهي أن مقاديرها تتغير من مكان لآخر تبعًا لطبيعة هذا السطح وتبعًا لقربه أو بعده عن خط الاستواء، وعليه فيمكننا أن نخرج بالنتائج الآتية:-

١- طاقة الحركة في الجو مصدرها الطاقة الحرارية المكتسبة من طاقة الإشعاع الشمسي ولو عن طريق أغلبه غير مباشر.

٢- اختلاف طبيعة سطح الأرض من مكان لآخر وتباين توزيع الإشعاع الشمسي عليه من خط الاستواء إلى القطبين هما الأصل في وجود أهوية (أو كتل هوائية قرب سطح الأرض) تختلف عن بعضها البعض من حيث درجات حرارتها وكميات بخار الماء العالق فيها، ومن ثم من حيث الكثافة والضغط الجوي والرياح إلخ...

الكتل الهوائية:

يتضح مما سبق وجود أهوية في جو الأرض (التروبوسفير) تختلف عناصرها الجوية فيما بينها اختلافًا كبيراً. ولقد ثبت ذلك فعلا بالمشاهدة، فلقد كان من النتائج المباشرة للاستمرار في الأعمال المناخية ودراسة وتحليل العناصر الجوية في سائر أنحاء الأرض أن أمكن الجزم بظاهرتين هامتين هما:-

أ- يمكن أن نقسم التربوسفير إلى مجموعات مميزة، تسمى كل منها كتلة هوائية، والمقصود بالكتلة الهوائية جزء ضخم من الجو له صفاته الطبيعية المعينة وتتجانس بين أجزائه العناصر الجوية إلى حد كبير وخاصة درجة الحرارة والرطوبة.

ب- يمكن لكتلتين هوائيتين مختلفتين أن يتواجدا جنبا إلى جنب، ويكون الانتقال من كتلة إلى أخرى إما فجائيًا خلال جبهة تخيلية أو سطح انفصال وهمي، أو تدريجيًا خلال منطقة انتقال.

والمهيمن على تولد هذه الكتل الهوائية وتميزها بخواص طبيعية معينة هو طول مكث كل منها في مصدر رئيس معين، والمقصود بالمصدر الرئيس جزء متسع من سطح الأرض تتجانس أجزاؤه، وتميزه صفات خاصة مثل الصحراء الكبرى ومثل سيبيريا، ومثل البحر الأبيض المتوسط وهكذا ... لذا فإن الهواء السائد على كل من هذه الأرجاء لمدة كافية لا يلبث أن يكتسب صفاتها ومميزاتها خلال طبقاته السميكة، وخاصة من حيث درجة الحرارة والرطوبة وكميات الأتربة العالقة، وبذلك يصبح لكل مصدر رئيس كتلته الهوائية المميزة.

وعندما تزاح هذه الكتل بتأثير دورات الرياح إلى بقاع أخرى تحمل معها خواصها، ورغم أنه قد يعتري بعض أجزائها شيء من التغيير وخاصة عند سطح الأرض مباشرة، إلا أن الجزء الأكبر منها وخاصة الطبقات البعيدة نوعاً ما عن سطح الأرض، تظل حافظة لخصائصها الأصلية، ويمكن تقسيم كتل الهواء الجوي تبعا لمصادرها إلى قسمين رئيسين هما – (١) "الكتل القطبية" ومصدرها المناطق القطبية (٢) "الكتل الاستوائية" ومصدرها المناطق الحارة.

كما يمكن أيضا تقسيم كل من القسمين المذكورين إلى فرعين تبعًا لطبيعة أو نوع المصدر الرئيس، بمعنى أنه إما أن تكون الكتلة الهوائية "بحرية" وهي ما كان سطح مصدرها الرئيس من الماء، وإما أن تكون الكتلة الهوائية "قارية" وهي ما كان سطح مصدرها الرئيس اليابس، ويبين الجدول رقم (١٠) الأقسام الرئيسة للكتل الهوائية وأهم صفاتها المميزة:–

(جدول رقم ١٠) – أهم الكتل الهوائية ومميزاتها:

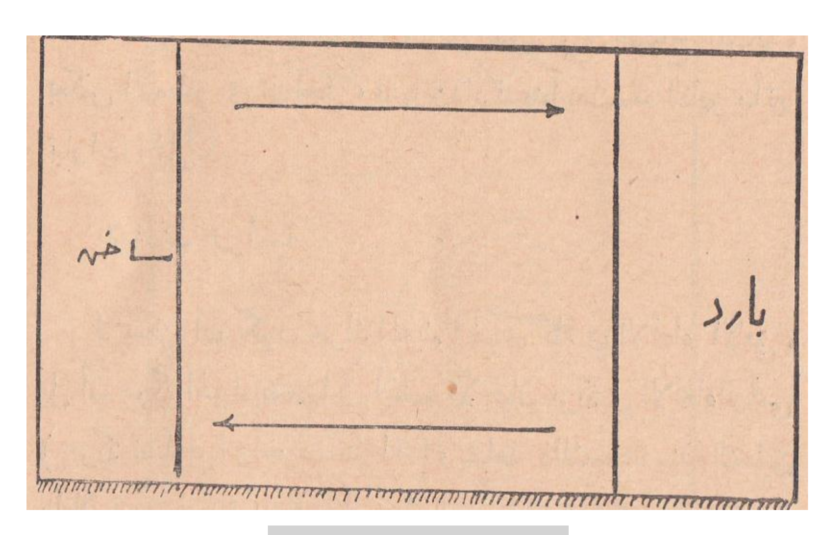
العنصر الجوي	قطبي		استوائي	
	قاري	بحري	قاري	بحري
درجة الحرارة	منخفضة جداً	منخفضة	مرتفعة جداً	مرتفعة
الرطوبة المطلقة	منخفضة جداً	متوسطة	منخفضة	مرتفعة جداً
الضغط الجوي	عالي	عالي	منخفض	منخفض
معدل النقص في درجة الحرارة مع الارتفاع	كبير	كبير	صغير	صغير
حالة الاستقرار	غير مستقر أحياناً	غير مستقر	مستقر	مستقر أحياناً
مدى الرؤية	حسن	حسن	ردئ جداً	ردئ
أنواع السحاب		ركامي		طبقي
نوع المطر		رخات		مطر متواصل أو رذاذ
اتجاه الريح في نصف الكرة الشمالى	شمالي عادة	شمالي عادة	جنوني عادة	جنوبي عادة

وأهم خواص الكتل الباردة فيما عدا ما ذكرنا ميلها للتساقط أو الهبوط في كافة طبقاتها ويحدث ذلك خاصة في حالات الضغط العالي، أو عند ما تقل السرعة، وذلك بتأثير الكثافة وهي كلما تساقطت طبقاتها العليا ارتفعت درجة حرارتها، وتكونت بذلك الانقلابات الحرارية العليا، ومن أمثلة ذلك التيارات الشمالية التي تغزو مصر في فصل الصيف وتهب من البلقان، فإن هذه التيارات تتساقط في طبقاتها العليا ويمتد هذا التساقط إلى بضع المئات من الأمتار من سطح الأرض عندما يستقر الجو في شرق البحر المتوسط وخاصة في شهري يوليو وأغسطس، ويتبع ذلك أن تنحصر عمليات التبخير في الطبقات السطحية فقط، وترتفع رطوبتها بشكل ظاهر كما هو معروف في مصر.

نسيم البر والبحر:

نسيم البر والبحر من دورات الهواء المحلية المألوفة قرب الشواطئ وهي ترجع إلى ارتفاع درجة حرارة اليابس بالنسبة إلى سطح الماء أثناء النهار وخاصة في فصل الصيف، (نسيم البحر) أو انخفاض درجة حرارة اليابس بالنسبة إلى سطح الماء أثناء الليل وخاصة في الشتاء (نسيم البر) ويصحب ارتفاع درجة الحرارة عند السطح تمدد الهواء ونقص في كثافته، ويقل تبعاً لذلك معدل النقص في الضغط الجوي مع الارتفاع بحيث يصبح الضغط على ارتفاع فوق السطح البارد نسبيًا، وتتولد بذلك حركة محلية تدفع بالهواء من منطقة الضغط العالي نسبيا إلى منطقة الضغط المنخفض في الطبقات العليا، ولا يزال الهواء يتدفق

في تلك الطبقات من صعيد إلى آخر حتى ينتج في النهاية ارتفاع في الضغط الجوي عند سطح الأرض أسفل الطبقة التي يتدفق إليها الهواء وانخفاض في الضغط الجوي عند سطح الأرض أسفل الطبقة التي يتدفق منها الهواء، ويتبع ذلك تولد حركة رجعية عند سطح الأرض تدفع بالهواء من منطقة الضغط العالي عند السطح إلى منطقة الضغط المخفض نسبيًا، ويعرف هذا التيار باسم نسيم البر والبحر على النحو المبين في شكل (٣٠) وينشأ نسيم البحر عادة ويستمر في النهار، ويبلغ عنفوانه بعد الظهر بقليل، وقلما يزيد ارتفاعه على ٣٠٠متر.



شكل (٣٠) نسيم البر والبحر

التغيرات اليومية للأمطار والسحب في مصر:

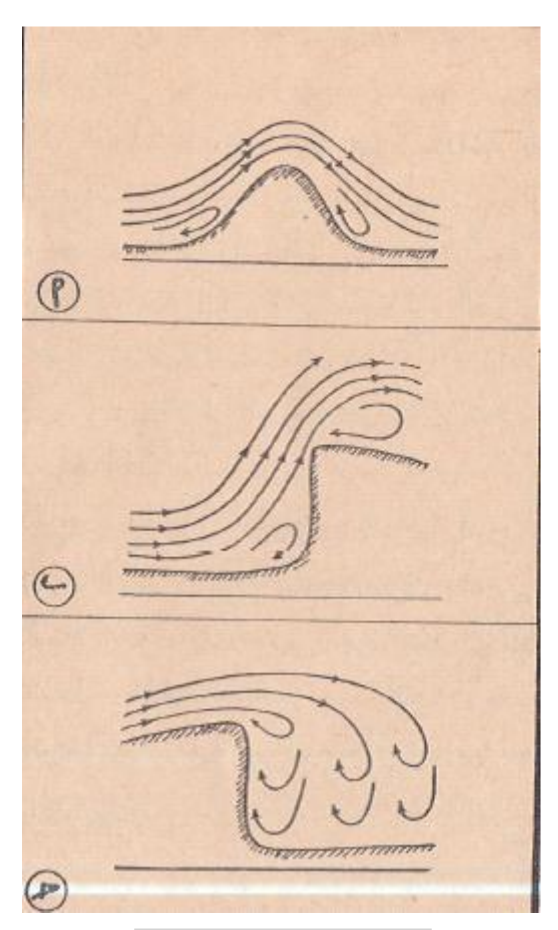
يحدث نسيم البر عادة أثناء الليل، وله آثاره الخاصة في فصل الشتاء في مصر إذ قد تصل فروق درجات الحرارة بين الهواء السطحي

فوق الدلتا والهواء السطحي فوق البحر نحو ١٠ درجات مئوية، ولهذا يندفع تيار هوائي شديد نوعا من اليابس إلى الماء، ويبلغ عنفوانه بعد انتصاف الليل، ويلعب هذا التيار البري دوراً هاما في التغيير اليومي للأمطار والسحب قرب الشاطئ، إذ إنه يدفع إلى أعلى بالهواء الممطر عندما يتدفق من البحر في عواصف الشتاء نظراً لبرودته النسبية ويرسب ما في تلك الأهوية من أمطار، ولهذا فإن أمطار الشاطئ تكثر نسبتها وتزداد شدتها في أواخر الليل أو في الصباح المبكر، بعكس الأمطار في الداخل، فإنها تزداد نسبتها بعد الظهر بتأثير تيارات الحمل.

التيارات الرأسية:

لا يمكن أن يكون تحرك الهواء الجوي كله في الاتجاه الأفقي، بل إن حركة الهواء يصحبها في أغلب الأحيان حركة في الاتجاه الرأسي (حركة تصاعدية وأخرى تنازلية) ويشاهد ذلك عادة عند التحليق بالطائرات، فهي تعاني في الجو سلسلة من الحركات الرأسية تدفع بها تارة إلى أعلى وتارة إلى أسفل، وتختلف شدة هذه الحركات الرأسية باختلاف سرعة الريح وباختلاف طبيعة الكتلة الهوائية السائدة، فهي عموما تزداد كلما كبرت سرعة الرياح الأفقية، كما أنها تظهر بجلاء في حالات الهواء غير المستقر حيث تتولد تيارات الحمل وتكاد تنعدم الحركة الرأسية في حالات الانقلاب الحراري أو سكون الريح، وفيما عدا ذلك فإن أهم مسببات الحركة الرأسية هي:-

١- اعتراض الجبال أو العقبات الأرضية لتيارات الهواء الأفقي وتبين الأشكال أ ، ب ، ج في شكل (٣١) بعض التيارات الرأسية في مثل هذه الحالات.



شكل (٣١) التيارات الرئيسية

وتمتد التيارات الرأسية عادة إلى ارتفاعات تبلغ أربعة أمثال ارتفاع العقبة المعرضة للرياح، وكما سبق يزداد أو يقل هذا الارتفاع تبعا لحالات عدم الاستقرار أو الاستقرار السائد في الجو المحلي.

٢- التيارات الحرارية المحلية والمقصود منها التيارات الرأسية التي تنشأ بسبب اختلاف درجات الحرارة في أماكن متقاربة، وإليها يمكن أن يرجع السبب في تولد أغلب التيارات الرأسية الشديدة، ومن أمثلة ذلك الارتفاع الكبير في درجة حرارة الصحاري أثناء النهار وفي فصل الصيف بالنسبة لدرجة حرارة المناطق المنزرعة أو البحيرات، وتتولد بذلك تيارات هوائية محلية لا تختلف في طبيعتها كثيراً عن تيارات الحمل.

٣- الجبهات الباردة، وهي بالإضافة إلى أنها تمثل الجبال في اعتراضها الهواء الساخن نسبياً، نجدها تتحرك وتدفع بهذا الهواء الساخن بشدة إلى أعلى، كما أن بعض أجزاء مقدماتها يتدفق بفعل الحركة إلى أسفل ولهذا تكثر التيارات الرأسية في مقدمات هذه الجبهات ويكون الطيران معها عسيرا، وسيأتي بيانها فيما بعد.

الانخفاضات العرضية:

الانخفاض العرضي عبارة عن جزء من الجو ينخفض فيه الضغط الجوي انخفاضاً كبيراً فيحدث ذبذبة في الضغط كثيراً ما تفوق سعتها سعة التغيرات السنوية، إذا قد تصل إلى ٥٠ ملليبار في اليوم الواحد. والانخفاض لا يثبت بعد تكوينه في مكان واحد إلا نادراً وتحت ظروف خاصة، والعادة أنه يسير من الغرب إلى الشرق (في نصف الكرة الشمالي) وتصحبه أثناء سيره سلسلة من التقلبات الجوية التي تتكرر في كل مكان بتكرار مرور هذه الانخفاضات.

وتتفاوت الانخفاضات العرضية من حيث الاتساع والعمق، فمن حيث الاتساع تتراوح أقطارها ما بين ٣٠٠٠ كيلو متر إلى ما لا يزيد قطره على ٣٠٠ كيلو متر، أما من حيث العمق فقد يهبط الضغط في مركز الانخفاض إلى ٩٣٠ ملليبار وقد يظل عند ١٠٠٠ ملليبار، ولا يدل عمق الانخفاض على ارتباط وثيق "بتدرج الضغط" (أي تقارب خطوط الضغط المتساوية من بعضها). وفي العادة يبلغ تدرج الانخفاض في المتوسط نحو ٥ ملليبار لكل ١٠٠ كيلو متر، وتزداد في الانخفاضات النشطة إلى ١٥ ملليبار لكل ١٠٠ كيلو متر، ويمتد تأثير بعض هذه الانخفاضات أحيانا من بحر البلطيق شمالا إلى حوض البحر الأبيض المتوسط جنوبًا وتدور الرياح حول هذه الانخفاضات في اتجاه مضاد لعقارب الساعة (وفقا لقانون بايز بالوت السابق).

خرائط الطقس:

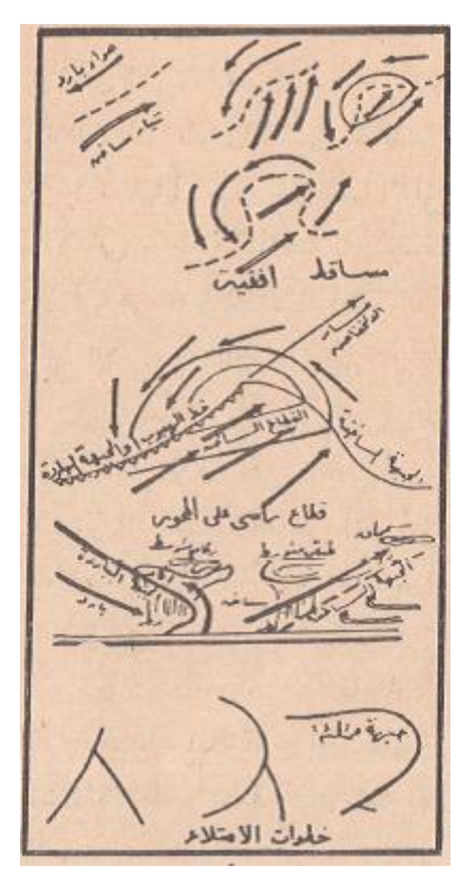
لدراسة الانخفاض من حيث تولده وتحركه ثم امتلائه بهد ذلك، ولا مكان لعمل التنبؤات الجوية، ترسم خرائط الطقس، وهي خرائط عادية بها جميع محطات الرصد وتوقع عليها عناصر الجو لكل محطة ثم ترسم عليها خطوط الضغط المتساوي، ويتكرر ذلك في ساعات معينة من كل يوم وفقا للنظام الدولي الخاص بالأرصاد سابقة الذكر.

وترسم خطوط الضغط المتساوي بحيث تتفاوت عن بعضها البعض بمقدار ٢ أو ٤ أو ٥ ملليبارات، وتحدد بذلك مناطق الضغط العالي ومناطق الضغط الخفيف أو الانخفاضات، وترسم أيضا إلى جانب ذلك

خرائط الجو العلوي وهي تبين توزيع الضغط والحرارة على ارتفاعات معينة وتفيد في أعمال التنبؤ، إذ إنها لا تتأثر فيها العناصر الجوية بالعوامل المحلية البحتة.

تولد الانخفاضات العرضية:

هناك عدة نظريات تشرح تولد الانخفاض العرضي، ومن أهم هذه النظريات وأقربها للحقيقة والواقع وأعمها شيوعًا نظرية الجبهة القطبية، وهذه الجبهة هي السطح التخيلي الذي يفصل الغربيات السائدة عن التيارات القطبية الشمالية الشرقية – راجع شكل (٦) – وتتكون نواة الانخفاض في بادئ الأمر في صورة التواء أو نتوء في هذه الجبهة، وينمو هذا النتوء على غرار نمو الدوامات المألوفة تقريبًا، ويعطي شكل (٣٢) أهم خطوات نمو الانخفاض في أربعة مراحل ثم امتلائه.



شكل (٣٢) تولد الإنخفاض الجوي وامتلاؤه

فهو يبدأ مثلا بسطح مستوي يفصل بين تيار شمالي شرقي بارد وآخر جنوبي غربي ساخن نسبيًا ثم يندفع الهواء الساخن داخل التيار البارد في صورة نتوء لا يلبث أن ينمو مكونا "القطاع الساخن" أي النتوء من الهواء الساخن المتجمع داخل الهواء البارد نسبيًا، وتبعا لذلك تلتوي الجبهة الفاصلة بين الكتلتين في صورة موجة ويتميز نصفها الأمامي عن نصفها الخلفي بمميزات معينة، ويسمى النصف الأمامي، "الجبهة

الساخنة" والنصف الخلفي "الجبهة الباردة" ونقطة تلاقيهما هي "مركز الانخفاض".

ويتحرك مركز الانخفاض غالبا في اتجاه الرياح داخل القطاع الساخن وهو في شكل (٣٢) اتجاه الشمال الشرقي تقريباً، ولا تطبق هذه القاعدة إذا أثرت على الانخفاض عوامل أخرى مثل تواجده ضمن دورة أعم من الرياح حول انخفاض آخر أقوى وأنشط فنراه ينجرف حول هذا الأخير، أو اعتراض الهضاب أو تيارات الهواء القطبية ونحوها من العوامل التي تحد من الحركة، وفي العادة يكون تتابع تغيرات الجو في أي مكان عند اقتراب الانخفاضات العرضية بصورة تكاد تكون منتظمة، فتبدأ سلسلة التغيرات بظهور السحب العالية مثل سحب السمحاق فالسحب الطبقية المتوسطة الارتفاع، بينما يميل الضغط للهبوط التدريجي بإحلال الهواء الساخن محل الهواء البارد في الطبقات العليا كلما اقتربت الجبهة الساخنة كما هو مبين في القطاع الرأسي من شكل (٣٢). وبدخول الجبهة الساخنة يكون الضغط الجوي قد وصل أقل قيمة له تقريبا، ما لم يتزايد نشاط الانخفاض ويستمر الضغط في الهبوط العام.

ويتغير اتجاه الريح إلى الريح الجنوبي أو الجنوبي الغربي وتسوء الرؤية نوعا ما بحسب محتويات الهواء الساخن من الأتربة ونحوها، وعندما يكون متشبعا بأبخرة المياه تتكون أيضا السحب المنخفضة الممطرة كما في شكل (٢٣) ، أما إذا كان الهواء الساخن غير محمل بأبخرة كافية كما هو الحال في الشرق الأوسط عموما حيث يأتي الهواء

الساخن من قلب الصحاري، فإن الجبهة الساخنة قلما يصحبها مطر وقد يكون في صورة رذاذ فقط قرب السواحل.

وتنعدم السحب تقريبا وسط القطاع الساخن، ثم تظهر السحب الركامية المتوسطة الارتفاع باقتراب الجبهة الباردة، فالسحب الركامية المنخفضة الممطرة نتيجة الحركات الرأسية العنيفة التي تصحب مقدمة هذه الجبهة حيث يتدفق الهواء البارد من آن لآخر إلى السطح فيدفع بالهواء الساخن إلى أعلى بشدة، وبمرور الجبهة الباردة يأخذ الضغط الجوي في الارتفاع ويتغير اتجاه الريح إلى الغرب فالشمالي الغربي وتتحسن الرؤية ويكون المطر في صورة رخات متواصلة أو متقطعة تتوقف شدتها كما على كميات أبخرة المياه العالقة وعلى مدى استقرار الجو أو عدمه في الطبقات العليا.

وفي العادة تسير الجبهة الباردة بسرعة أكبر من سرعة تقدم الجبهة الساخنة بعد اكتمال نمو الانخفاض ولهذا يأخذ القطاع الساخن في التناقص تدريجيا من الخلف، وتنطبق بذلك أجزاء الجبهة الباردة بأجزاء الجبهة الساخنة القريبة من المركز ويمتد هذا الانطباق تدريجيا كلما انكمشت مساحة القطاع الساخن مكونا جبهة واحدة هي جبهة الامتلاء، ولا تزال هذه الجبهة الأخيرة تمتد حتى يختفي القطاع الساخن وبذلك يتم رفع جميع الهواء الساخن إلى أعلى ويختفي القطاع الساخن بحلول الهواء البارد محله، ويصحب هذه الظاهرة في العادة المطر المتواصل، وتمثل بعض خطوات امتلاء الانخفاض في أسفل شكل (٣٢).

ويعطي المسقط الأفقي في شكل (٣٢) توزيع خطوط الضغط المتساوي (الأيزوبار) حول مركز الانخفاض كما يبين تيارات الهواء المختلفة في حالة مثالية هي أقرب ما تكون تشابهاً لانخفاضات المناطق المعتدلة أو مناطق هبوب الغربيات السائدة، وهناك أنواع عديدة من الانخفاضات العرضية الأخرى مثل انخفاضات قبرص الجوية التي يرجع السبب الرئيس في تولدها إلى هبوب تيارات باردة حول الانخفاضات العرضية الممتلئة في شرق البحر المتوسط، وأهم مميزات هذه الانخفاضات تعدد الجبهات الباردة وعدم وجود قطاع ساخن مميز فيها.

مجاري الغربيات المتدفقة:

دلت الأرصاد في أعلي درجة للتروبوسفير وعند مستوى التروبوبوز على وجود أحزمة في نطاق الغربيات السائدة تزداد فيها سرعة الرياح بدرجة كبيرة، وتكون أشبه بالمجاري التي يتدفق فيها الهواء بشدة، ويشاهد ذلك عادة فوق الطبقات التي تفصل كتل الهواء البارد عن كتل الهواء الساخن، وأطلق على هذه الأحزمة اسم "المجاري المتدفقة" وأهم مميزاتها هي:-

١- تبدو هذه المجاري عادة كتيارات سريعة من الغربيات السائدة ويحدها إلى الشمال والجنوب كتل من الهواء الذي يبدو في حالة من السكون النسبي.

٢- لا تشغل هذه المجاري دائماً نفس خطوط العرض، بل إنها تعاني كثيراً من الإزاحات أو الذبذبات الواسعة تجاه الشمال أو الجنوب من وقت لآخر ومن مكان لآخر، ولهذا يمكن تشبيهها بالنهر المتنقل.

٣- قد يصبح هذا النهر غير واضح أحيانا أو في بعض الأوضاع، كما أنه يتسبب في تكوين دوامات تدور حولها الرياح.

٤- تتركز أكبر فروق لدرجة الحرارة العليا في نطاق المجاري التدفقية حيث يظهر الفرق بين الهواء البارد والهواء الساخن بوضوح وجلاء.

٥- يمكن رصد السرعة الكبيرة في الرياح الغربية رأسيا فوق المكان الذي تصل فيه الطبقة الفاصلة بين الكتل الهوائية إلى الارتفاعات التي يكون عندها الضغط الجوي مثل ٥٠٠ أو ٦٠٠ ملليبار.

الارتفاعات الجوية:

الارتفاعات الجوية هي مناطق الضغط العالي، ويصحبها غالبا طقس هادئ جميل، وتكثر فيها ظاهرة هبوط الرياح العليا، ولذا تصفو السماء كما ترتفع درجات الحرارة عموما وخاصة أثناء النهار بالإشعاع الشمسي، وينشط فيها الإشعاع الحراري أثناء الليل وتزداد حالات تكون الضباب والندى في الصباح المبكر، ويمكن أن تقسم الارتفاعات الجوية عموماً إلى ثلاثة أنواع هي:-

١- الارتفاعات الموسمية - ومن أمثلة ذلك ارتفاع سيبيريا الشتوي، حيث يرتفع الضغط أحيانا إلى ١٠٥٠ ملليبار (أو ما يعادل نحو ٧٨٥ ملليمتر) وهو لا يضمحل إلا في أواسط الربيع، وكثيراً ما يزحف أثناء الشتاء إلى أوروبا وينشر فيها الصقيع حيث قد تصل درجة الحرارة إلى ٢٥ درجة مئوية تحت الصفر. وهو أيضاً قد تزحف أطرافه إلى البلقان وآسيا الصغرى ويعطي نفس الظواهر ثم يسبب إثارة الجو في الشرق الأوسط عمومًا، إذ تتولد ألسنة الهواء البارد عند عبورها البحر المتوسط أكثر الانخفاضات الجوية نشاطا.

١- الارتفاعات العرضية - وهي مناطق من الضغط العالي التي تتكون لمدة قصيرة نسبيا ثم تضمحل دون أن ترتبط بالانخفاضات العرضية، ومن أمثلة ذلك الارتفاع الذي يقع فوق مصر في الاعتدالين وأغلب فصل الشتاء.

٢- ارتفاعات نسبية - وهي تتواجد بين الانخفاضات وتتحرك ولا تطول مدة مكثها، وتتحرك الارتفاعات عموما بغير انتظام وببطء، وإذا تحركت سميت "باردة" أما الارتفاعات الجوية الثابتة فهي "دافئة" ذلك لأن حالات الركود وعدم الحركة فيها تجعل من ظاهرة هبوط الطبقات العليا أهم عامل على تسخين الهواء تدريجيا بالتضاعف وخاصة في المركز، ويحدث الهبوط عادة بمعدل ⅓ كيلو متر في اليوم.

الأعاصير الاستوائية:

تتولد هذه الأعاصير في المحيطات الساخنة قرب خط الاستواء أو داخل نطاق التجاريات، وهي تسير معها من الشرق إلى الغرب عموما على عكس الانخفاضات العرضية التي تتولد في مناطق الغربيات السائدة، وأهم المناطق المشهورة بهذه الأعاصير هي:- (١) جزائر الهند الغربية، وخليج المكسيك وتعرف باسم "هاريكين" وهي تتكون بمعدل نحو ٧ مرات في العام وأهم مواسمها الخريف

(٢) بحر العرب ويطلقون عليها اسم "سيكاون" وتحدث بمعدل مرتين في الصيف والخريف.

(٣) بحر الصين وجزائر الفلبين واليابان وتعرف باسم "تيفون" وتحدث بمتوسط ٢٢ مرة في العام وأهم مواسمها الصيف والخريف.

(٤) المحيط الهندي وشرق جزيرة مدغشقر، ومتوسط عددها ٧ في الشتاء والربيع.

(٥) المحيط الهادي شرق أستراليا ويطلق عليها اسم "ولى ولى" وعددها ٢ في الشتاء والربيع.

ويلاحظ أن جميع مناطق هذه الأعاصير تقع إلى الجانب الغربي من المحيطات، وليس في الجانب الشرقي منها، وهي تظهر أولا عادة على البحار وتستمر في عنفوانها إلى أن تدخل اليابس فتضمحل نوعًا ما، ثم تتحول إلى انخفاضات صغيرة تتلاشي سريعا، وتدور الرياح حول الأعاصير كدورتها حول (الانخفاضات) مع ازدياد هائل في السرعة ثم

في تدرج الضغط، وكثيرا ما يبدأ الإعصار باتساع لا يزيد على ٨٠ كيلو مترا ثم يزداد إلى أكثر من ٥٠٠ كيلو متر، وفي مركز الإعصار يسود الهدوء وتنكشف السماء ويبطل المطر في منطقة مجدود تسمى "عين الأعصار" لا يزيد قطرها على نحو ٣٥ كيلو مترا، وأهم مميزات الأعاصير غزارة الأمطار، فقد تهطل مئات المليمترات في بضع ساعات، وتلعب الحرارة المنطلقة بعمليات التكاثف هذه دوراً هاماً في نشاط الإعصار.

النكباء أو التورنادو:

هذا نوع من الأعاصير الشديدة الصغيرة الحجم ولا يزيد قطرها عموما عن نصف كيلو متر، ولكنها تشتهر بالتدمير وذلك لشدة هبوط الضغط الجوي فيها ثم سرعة الرياح حولها، فقد تصل أحيانا إلى ٥٠٠ كيلو متر في الساعة، وأهم مناطقها وادي نهر المسيسبي بأمريكا، وكثيراً ما يصحبها ظهور قمع من السحب – شكل (٣٣) – يتدلى إلى الأرض، ويستغرق مكثها في أي مكان قبل تحركها إلى مكان آخر نحو ساعة فقط يحدث خلالها تدمير شامل، ويبين شكل (٣٤) كيف يمكن للطيار أن يتجنب الدخول في النكباء.

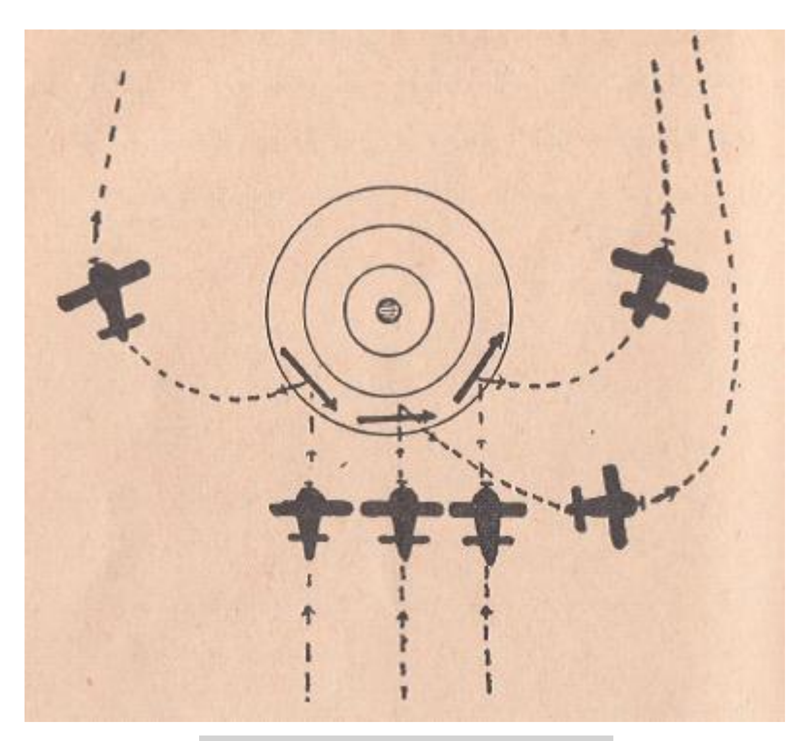
وعند عبور النكباء تنتشر على المحيطات أمواج هائلة يبلغ ارتفاعها أكثر من عشرة أمتار، ثم تنحدر نحو الشاطئ قبل وصول النكباء بوقت كبير ويستخدم اللاسلكي في استكشاف مقر الإعصار بمجرد ظهوره على البحار لإنذار السفن، وكثيراً ما يلازم سير النكباء حدوث الزلازل

لعدم استقرار القشرة الأرضية تبعا لنقص الضغط الجوي عليها بشكل ظاهر (يقدر النقص على كل كيلو متر مربع بنحو مليون طن).

نافورة الماء:أغلبها في صورة قمع – شكل (٣٣) – يتدلى من السحب المنخفضة بسبب عدم الاستقرار في نطاق ضيق جدا.



شكل (٣٣) قمع من السحاب مدلى من السماء



شكل (٣٤) تجنب الدخول فى النكساء

وهو شائع الحدوث في البحار، ومنها البحر الأبيض المتوسط، وآخر ما شوهد في الإسكندرية كان بتاريخ ١٢ يناير عام ١٩٥٢م حيث ظهر في صورة عمود من الماء منتصباً بين السحاب وسطح البحر على هيئة قمع ضخم، يحيك به ما يشبه البخار أو الدخان، واستمرت الظاهرة نحو ساعة.

ويبلغ قطر النافورة حوالي ٤٠ إلى ٥٠ مترا في المتوسط، وارتفاعها نحو ٣٠٠ متر، تدور حولها الأهوية في شكل دوامة، وكثيرا ما

تسحب معها ماء البحر بما فيه من أسماك صغيرة، لا تلبث أن تنزل مع المطر بعد هدوء الحالة فتصيب به السواحل وما جاورها.

عواصف الرعد

طبيعتها:

عواصف الرعد ليست من ظواهر الجو النادرة، فهي تحدث في كافة أرجاء الأرض ما عدا المناطق القطبية. ويكثر حدوثها في المناطق الاستوائية، حيث يسبقها سكون الجو، وقد ثبت علميا أنها من ملازمات النمو السريع لمكونات السحب الركامية، وخاصة المكونات الثلجية نتيجة لنشاط تيارات الحمل أو حركة تجمع الهواء في صعيد واحد مع وفرة أبخرة المياه، ولهذا تكثر عواصف الرعد على الشواطئ خصوصا في الجزائر الجبلية حيث يتكرر حدوثها كل يوم تقريبا بلا انقطاع.

ويتسبب الرعد عن تولد شحنات كهربائية هائلة داخل السحب ثم تفريغها، ويتم تولد هذه الشحنات في العاصفة وانفصال الشحنات الموجبة عن السالبة، وتجمع كل صنف على حدة ثم تفريغها تحت ظروف معينة. ولقد وجد بالحساب أن عدد عواصف الرعد التي تحدث على ظهر الأرض في اليوم الواحد يبلغ أكثر من ٤٠٠٠٠ أي بمتوسط نحو ١٨٠٠ عاصفة في الساعة الواحدة، وتستهلك العاصفة في المتوسط نحو ٢,٥ مليون كيلووات ساعة، ومن ذلك نجد أن عواصف الرعد تستهلك من الطاقة الكهربائية في جو الأرض ما يبلغ ٤ × $١٠^{٩}$ كيلو وات في الساعة وهذا يعادل نحو ٤ × $١٠^{١٥}$سعر حراري، ولقد

كان من الطبيعي أن يحاول العلماء إيجاد تفسيرات علمية صحيحة لطرق تولد هذه الشحنات وفيما يلي مجمل لها:

نظرية ولسن (**النظريات القديمة الأولى**):

وفيها اعتبرت السحابة مكونة من عدد من النقط الكبيرة النامية المشحونة بالكهربائية السالبة، وعدد من النقط الصغيرة المشحونة بالكهرباء الموجبة، وبما أن النقط الكبيرة تهبط بسرع أكبر من غيرها فإنه سرعان ما تتركز الشحنات السالبة قرب القاعدة والشحنات الموجبة قرب القمة (في المنطقة التي تحوي هذه المجاميع من النقط على الأقل) ويبقى بينهما منطقة فيها خليط من الشحنتين كما هو ممثل في شكل (٣٥أ). وبذا تصبح السحابة ذات قطبين مختلفين في طرفيها، ويتجاذب هذان القطبان، (إذ إن الشحنات المختلفة تتجاذب بينما تتنافر الشحنات المتجانسة) ويشتد هذا التجاذب كلما ازدادت قيم الشحنات ويتبع نقص في سرعة هبوط النقط الكبيرة ثم يحدث التفريغ الكهربائي بين طرفي أو قطبي السحابة في النهاية.



شكل (٣٥) عواصف الرعد

وعندها تبلغ الشحنات أقصاها ولا يقوى الهواء الجوي على عزلها عن بعضها البعض.

وتقول هذه النظرية أن أساس الشحنات الكهربائية التي افترضناها في أول الكلام هو وجود عدد من الأيونات البطيئة الحركة في الجو وداخل السحب تكون فريقا من نويات التكاثف وتترسب عليها النقط الصغيرة جدا، وقد تكون أجزاء بعض نويات التكاثف، وتتحرك هذه الأيونات ببطء بالنسبة للنقط العادية أو الكبيرة التي تتساقط بفعل الجاذبية حتى مع وجود فروق في الجهد تنتج من الشحنات الكهربائية وتقدر بنحو ١٠ آلاف وحدة لكل متر، ولكي تشحن السحابة لتولد الشحنات السالبة والموجبة معاً، وقد تستنفد جميعها لهذا الغرض، أما في المراحل التي تلي عملية الشحن الأول هذه فإننا نجد أن الأيونات تتولد بكميات هائلة نتيجة لسلسلة التفريغات الكهربائية المحلية، إذ تسبب المجالات أو الشحنات الكهربائية المتولدة استطالة النقط النامية،

بحيث تصبح مدببة الأطراف ويتبع ذلك سلسلة من التفريغات الكهربائية نتيجة احتكاك الهواء ومحتوياته بهذه الأطراف.

ويتم شحن النقط الكبيرة بالكهربائية السالبة والنقط الصغيرة بالكهربائية الموجبة على النحو الآتي:

إذا اعتبرنا مثلا أن نقطة كبيرة نصف قطرها ملليمتر واحد داخل سحابة فيها كهربائية تتجه من الشحنات الموجبة في أعلاها إلى الشحنات السالبة في قاعدتها، فإن النقطة لا تلبث، تحت تأثير هذه الكهربائية، أن تحمل شحنة سالبة في أعلاها وأخرى موجبة في أسفلها (لأنه كما سبق أن ذكرنا تجذب الكهربائية الموجبة التي في القمة الشحنات السالبة التي على النقط فتظهر في أعاليها بينما تجذب الكهربائية السالبة التي في قاعدة السحابة الشحنات الموجبة التي على النقط فتتجمع في أسافلها) وهذه النقط إذ تسير في طريقها إلى القاعدة تتفاعل أيضاً في نفس الوقت مع الأيونات الموجبة الساقطة ببطء نسبي والأيونات السالبة الصاعدة تحت تأثير الشحنة الموجودة بالسحابة، ونظراً لسقوط النقطة بسرعة كبيرة نسبياً فإن تفاعلها مع تيار الأيونات السالبة الصاعد يختلف عن تفاعلها مع تيار الأيونات الموجبة الهابط، بمعنى أنها في سطحها السفلى (الموجب الشحنة) تحبس من الأيونات السالبة عدداً وفيرا إذ إن هذا السطح بالإضافة إلى جذبه الأيونات السالبة فإنه يلاحقها ويتصادم معها باستمرار، أما السطح العلوي فهو وإن كان يجذب فعلا الأيونات الموجبة ومنها ما سبق أن طرده السطح السفلي، إلا إنه يبتعد عنها بسرعة تساقطه ولهذا فهو لا يحبس منها إلا

القليل، وتكون النتيجة النهائية أن تتعادل الشحنة الموجبة التي في أسفل النقطة مع الشحنات السالبة التي تحتبسها وتبقى الشحنة السالبة التي في أعلى النقطة هي الغالبة، أما النقط الصغيرة التي تتساقط ببطء قد يصل إلى مدى التيار الأيوني نفسه فليس أمامها إلا أن تحبس الأيونات الموجبة التي تطردها النقط النامية (وخاصة أسطحها السفلى قبل تعادل شحناتها الموجبة) فتصبح في النهاية موجبة التكهرب، ومن الجلي الواضح أنه ينقص هذه النظرية شرح ما يسبب ظهور المجال الكهربائي في بادئ الأمر، وهو المجال الذي يعطي التيارات التأين.

نظرية الشحن بانقسام النقط النامية (النظرية القديمة الثانية أو نظرية سمسوق):

تقول هذه النظرية أن سبب شحن السحب بالكهربائية في حالات عواصف الرعد إنما يرجع إلى انقسام القطرات النامية داخل السحب، ففي أول نشوء العاصفة تصل سرعة تيارات الحمل الصاعدة إلى أكثر من ٣٠ كيلو مترا في الساعة وبذا يتعذر نزول نقط المطر فتبقى داخل السحابة وتنمو حتى تصل إلى حد لا تقوى فيه على التماسك راجع جدول رقم (٩)، فتنقسم إلى نقط أصغر، لا تلبث بدورها أن تنمو ثم تنقسم وهكذا... وتفترض هذه النظرية أنه كلما انقسمت نقطة كبيرة إلى مجموعة من النقط الصغيرة انفصلت شحنة من الكهربائية الموجبة واستقرت على قطرات الماء الناتجة، بينما تستقر شحنة مساوية من الكهربائية السالبة على تيارات الحمل الصاعدة، وتحمل هذه التيارات الشحنات السالبة إلى القمة وإلى المؤخرة كما في شكل (٣٥ب) ومنه

يتضح تركز الشحنات الموجبة في أسفل المقدمة حيث تكثر النقط النامية، أما الوسط فهو خليط من شحنات موجبة على النقط المائية وأخرى سالبة يحملها تيار الحمل، وتتركز الشحنات السالبة في نهايات تيارات الحمل (إما في القمة أو في المؤخرة).

النظرية الحديثة (الشحنات التي تلازم عمليات نمو المكونات الثلجية):

تتولد الشحنات الكهربائية في مناطق السحب الركامية التي فوق مستوى الصفر المئوي – راجع شكل (٢٣). وذلك نتيجة طبيعية لنمو تكوينات ثلجية ثم تساقطها بتأثير الجاذبية الأرضية، فقد دلت التجارب داخل المعامل على أن المكونات الثلجية عندما تنمو بعمليات التكاثف تكتسب شحنات سالبة، وقد قيست هذه الشحنات فعلا واستخدمت هذه القياسات في حساب الشحنات التي تتولد في مناطق فوق التبريد ثم مناطق بلورات الثلج عندما تنمو السحب الركامية، ووجد أنه يمكن أن تتولد شحنات تمثل ١٠٠٠ مليون وحدة خلال ١١ دقيقة فقط عندما تنشط عمليات التكاثف داخل السحب فوق مستوى ١٠ درجة مئوية تحت الصفر.

وأنه يمكن أن تحمل هذه الشحنات الهائلة مع المكونات النامية عند تساقطها إلى أسفل السحابة بينما تنفصل شحنات أخرى موجبة بنفس المعدل مما يفسر ظاهرة حدوث التفريغ الكهربائية (البرق والرعد) كل عدة دقائق، وقد ثبت حديثاً بالمشاهدة الفعلية (دون الافتراض) أنه في السحب المشحونة بالكهربائية تستقر الشحنات السالبة بجوار قاعدة

السحابة قرب مستوى ٥ درجة مئوية تحت الصفر، بينما توجد الشحنات الموجبة الرئيسة في مستويات أعلى، كما توجد أحياناً شحنات موجبة ثانوية قرب القاعدة وتتركز عند مستوى الصفر المئوي أو تحته كما هو ممثل في شكل (٣٥ج) ويحدث التفريغ الكهربائي إما بين أجزاء السحابة الواحدة أو بين سحابتين متجاورتين أو بين السحابة وسطح الأرض، ويعرف التفريغ في هذه الحالة الأخيرة باسم "الصاعقة".

"الركامي الدافئ" و"الركامي البارد":

أصبح من الثابت أن أهم الظروف الملائمة لتكوين عواصف الرعد أن تكون مراحل التبريد داخل السحب الركامية واضحة، بمعنى أنها تكون عميقة ولهذا يلزم أن تمتد قاعدة السحابة تحت مستوى الصفر المئوي وتعرف مثل هذه السحب باسم "الركامي الدافئ". أما إذا كانت منطقة النقط المائية غير عميقة أو غير واضحة فإن السحابة تقل فيها المكونات المائية عموما، ولا تمتد قاعدتها تحت مستوى الصفر المئوي وتسمى مثل هذه السحب "الركامي البارد" وهي لا تشتد فيها تيارات الحمل وبالتالي لا تنمو فيها المكونات الثلجية نمواً ظاهراً ولا تصل أقطارها إلى الحجوم التي تتولد معها الشحنات الكهربائية بغزارة (مثل ملليمتر أو أكثر) إذ لا تقوى تيارات الحمل الضعيفة نسبياً على حمل هذه المكونات فتتساقط قبل إتمام نموها، وينتج عن هذا كله شحة في شحن السحابة وعدم حدوث عواصف الرعد، ولهذا تميزت المناطق القطبية بانعدام حدوث الرعد كما سبق.

فوائد البرق:

للبرق بعض المزايا، منها أن شرارته تحول غازات الجو حوله إلى غازات النشادر وأكسيد النيتروجين، وقد يذوب النشادر في ماء المطر الذي يغذي الأرض، وكذلك تتحول أكاسيد النيتروجين بالماء إلى حامض النيتريك، وهذا يكون مع مواد الأرض نترات طبيعية تكون بمثابة أسمدة طبيعية للتربة.

مانعة الصواعق:

يتم التفريغ الكهربائي بين السحب وسطح الأرض عادة خلال الأجسام المرتفعة أو القابلة للتوصيل الكهربائي ولهذا يتعرض الشجر وخاصة البلوط والحور للصواعق، كما تتعرض لها السفن في البحار والمحيطات، وإذا أصيب شخص بمس من صاعقة وجبت المبادرة إلى إجراء التنفس الصناعي له لمدة لا تقل عن ساعة فكثيراً ما أفادت هذه العملية.

ومانعة الصواعق عبارة عن شاخص من النحاس طرفه العلوي مدبب أو مسنن يثبت على قمم المباني ويتصل من أسفل بسلك معدني غليظ ينتهي بلوح من المعدن مدفون في باطن الأرض الرطبة لكي يكون ممراً طليقاً تسرى خلاله الكهربائية إلى باطن الأرض أولا بأول فلا تصيب الصواعق المناطق المجاورة.

الغبار الجوي

مصادره:

الغبار الجوي هو مجموعة الحبيبات (أو الجسيمات الصغيرة) الصلبة المنتشرة في الهواء، سواء كان أصلها معدنياً أو حيوانياً أو نباتياً، وتختلف درجة تركيز الغبار الجوي (أي عدد الجزيئات الموجودة في كل سنتيمتر مكعب واحد من الهواء) ومتوسط حجم الحبيبات وطبيعتها اختلافا بينا بتغير الزمان والمكان، أو بتغير الكتل الهوائية وتصل درجة التركيز أدناها في الهواء الجوي القطبي، حيث لا تتعدى بضع حبيبات لكل سنتيمتر مكعب من الهواء العادي، كما قد تصل إلى عشرات الآلاف ومئاتها في زوابع التراب في المناطق الصحراوية أو في "هبوب" السودان وأهم مصادر الغبار الجوي هي:-

١- المساحيق أو الحبيبات الدقيقة التي تذروها الرياح من الصحاري والوديان ونحوها.

٢- حبيبات أصلها حيواني أو نباتي وخاصة من المناطق المنزرعة أو الغابات أو شواطئ البحار.

٣- ما تقذفه البراكين من جوفها من أتربة ورماد وجسيمات مفتتة وما ينتج من احتراق النيازك والشهب، وتتميز البراكين بأن في مقدورها أحيانا أن تقذف بالرماد إلى ارتفاعات شاهقة، تزيد على ٣٠ كيلو متر،

وبذلك يظل هذا الغبار عالقاً في جو الأرض خلال فترات من الزمان كبيرة (قد تصل عدة سنين متتالية)، وينساب مع دورات الرياح ويحجز كثيراً من الإشعاعات الشمسية ويمنعها من الوصول إلى سطح الأرض فتزداد البرودة في الطبقات السطحية، والمعتقد أن وفرة البراكين في القدم وما أثارته من رماد وأتربة في جو الأرض كان السبب في ظهور العصور الجليدية المتتالية كلما نشطت تلك البراكين.

وفي العصر الحاضر تكون الصحاري أهم مصادر الغبار الجوي، وكثيرا ما تجرف الرياح العابرة الرمال والأتربة من هذه المناطق وتحملها آلاف الكيلو مترات ثم تترسب في أماكن نائية، وكثيراً ما يتساقط هذا الغبار مع الأمطار فيكسبها اللون البني والأحمر، وتجرف زوابع الرمال من صحاري شمال إفريقيا عموماً عشرات الملايين من أطنان الرمال كل عام وتقذف بها في البحر الأبيض المتوسط وأوروبا، وقد تصل هذه الأتربة إلى مناطق بحر البلطيق شمالًا أو إلى الجزر البريطانية، وتسبب الأتربة العالقة كثيراً من ألوان السماء الجذابة عند الشروق أو عند الغروب، ومن أهم هذه الألوان اللون الأحمر أو البرتقالي أو الأصفر وأصلها غالباً تشتت هذه الألوان ذات الأمواج الطويلة نسبياً بفعل ذرات الرمال والأتربة العالقة أو المثارة، ويعطي شكل (٣٦) منظر السماء في جو مترب قبيل الغروب.

هذا وينتشر في سماء المدن الصناعية كثير من الدخان المتصاعد من المداخن وهو يحجز الإشعاع الشمسي ويسبب توليد الضباب الكثيف أحياناً، وتكثر فيه المواد الحمضية النفاذة المتصاعدة خلال

عمليات الاحتراق المختلفة، وكذلك ذرات الكربون المتطايرة التي كثيراً ما تترسب على الأجسام والملابس مكونة طبقة سوداء، ولهذا يسمى مثل هذا الضباب باسم "الضباب الأسود". ومدينة لندن من أشهر المدن المعروفة به.

الرياح الحرجة:

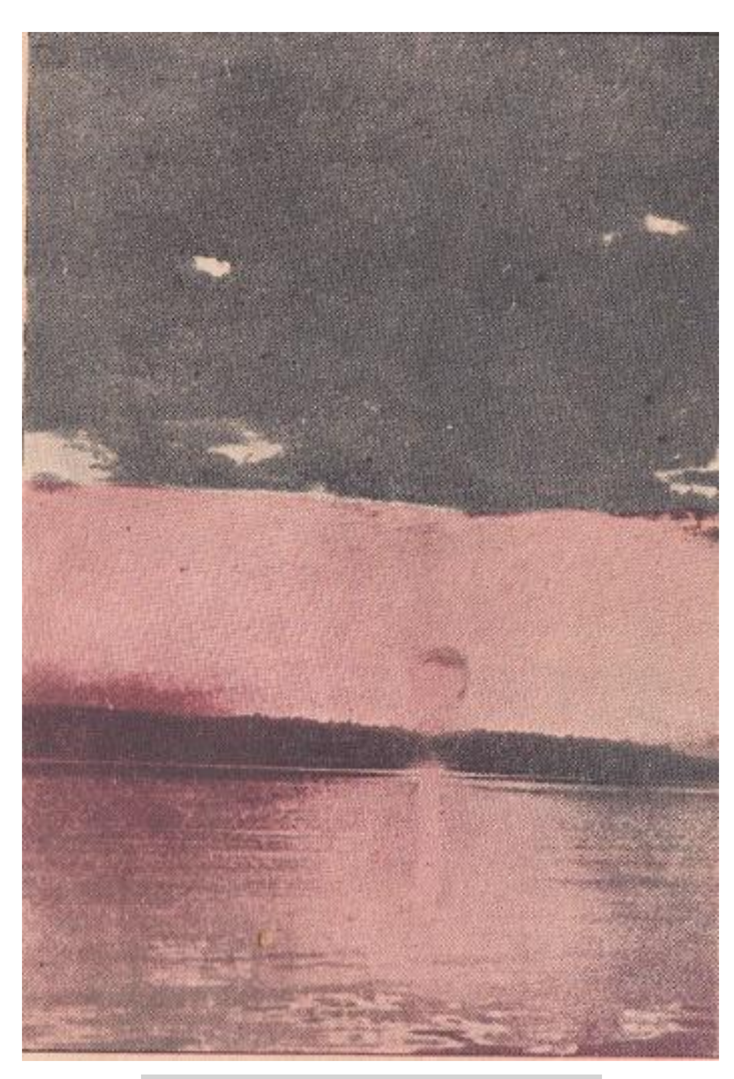
كلما ارتفعت سرعة الرياح على المناطق الصحراوية أو المناطق المتربة عامة قلت قدرة الأتربة والرمال الدقيقة (المتكونة بعمليات التآكل المستمر) على الاحتفاظ بأماكنها، حتى إذا ما وصلت سرعة الريح إلى قدر معين يعرف باسم "الريح الحرجة" تتطاير حبات الرمال والأتربة هذه وتندفع إلى الهواء ثم تسير معه بسرعته إذا كانت صغيرة جداً، وكلما زادت سرعة الريح بعد ذلك تطايرت الرمال بكميات أكبر، وكذلك ازدادت حجومها حتى تصل الريح إلى درجة العاصفة، فيكون الجو قد امتلأ بالأتربة المختلفة الحجوم والصفات.

وتتوقف السرعة الحرجة هذه على حجوم حبات الرمال السائدة وعلى طبيعتها، ولهذا فإن لكل منطقة سرعتها الحرجة الخاصة بها، وقد تتغير إذا تغيرت حجوم الحبيبات بسبب السيول أو أي عامل آخر. ومن أمثلة ذلك ما حدث في منطقة برج العرب (الصحراء الغربية) بين عام ١٩٤١ وعام ١٩٤٥م، ويبين الجدول رقم (١١) كيف أثر صغر حجم الرمال الصحراوية التي كونتها الوحدات الحربية الميكانيكية في تلك المنطقة أثناء الاستعداد لموقعة العلمين في تناقص متوسط السرعة

اللازمة لتولد العواصف، وكيف أن مدى الرؤية تأثر بهذا العامل في العامين ١٩٤١ ثم ١٩٤٢م ثم تحسن بعد ذلك عمومًا.

جدول (١١) الأجواء المحتوية على غبار (برج العرب من ١٩٤١ – ١٩٤٥م)

السنة	مدى الرؤية من ٢٠٠ – ٧٠٠متر	متوسط الريح سنتيمتر في الثانية	مدى الرؤية من ٧٠٠ إلى ١٥٠٠متر	متوسط الريح سنتيمتر في الثانية
١٩٤١	٣١	٧٢٠	صفر	–
١٩٤٢	٢٦	٨١٠	صفر	–
١٩٤٣	٤	١٢٦٠	صفر	–
١٩٤٤	١٦	١٢١٠	٢٠	٧٤٠
١٩٤٥	٢	١٥٧٠	٣	١١٢٠



شكل ٣٦) الشمس الحمراء فى الجو المترب

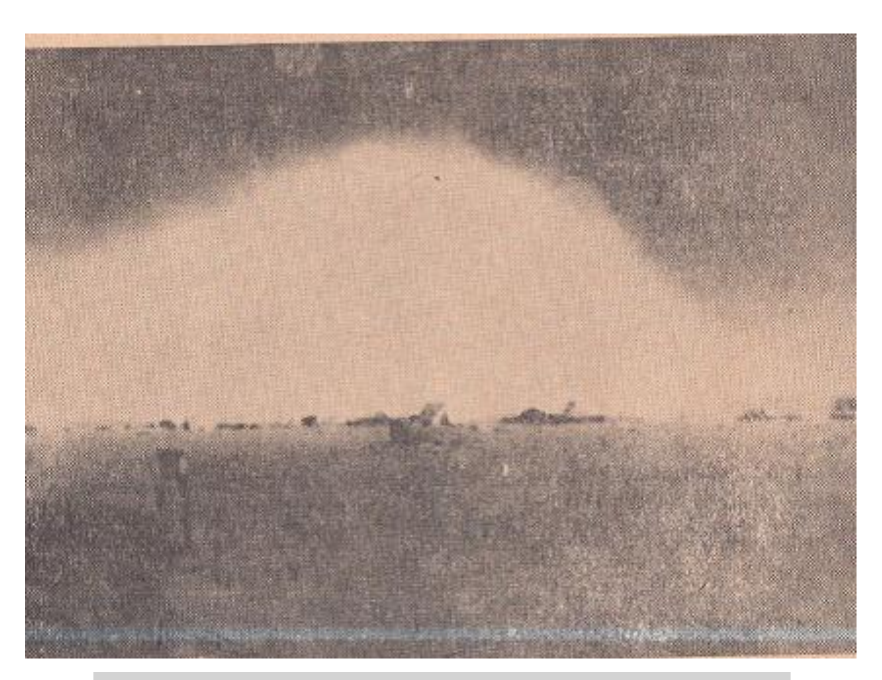
تولد عواصف الرمال

تتولد عواصف الرمال عادة نتيجة لازدياد سرعة الرياح مع نشاط التيارات الرأسية أو الحركة غير الانسيابية فوق الصحاري، وتسبب

الحركة الرأسية أعنف حالات العواصف، كما أن هناك أيضاً حالات تتكون فيها العواصف المحلية دون توفر التيارات الرأسية، ولهذا يمكن تقسيم عواصف الرمال إلى نوعين:-

١- عواصف الاستقرار - منها عواصف محلية (في المناطق الصحراوية) تتولد عندما تسود الانقلابات الحرارية على أبعاد قريبة من سطح الأرض (نحو ٥٠٠ - ١٠٠٠متر) بسبب هبوط الطبقات العليا، كما هو الحال في فصل الصيف وأواخر الربيع في شمال مصر خاصة، وتعمل هذه الانقلابات الحرارية على أن تحتفظ طبقات الجو السطحية بما تحتويه من أتربة دون أن تتوزع خلال طبقات سميكة من الجو. فعندما تزداد سرعة الريح فوق قيمتها الحرجة في مكان ما وتثير الرمال والأتربة، تتناثر هذه الرمال وتشبع الطبقة السطحية بحيث تهبط الرؤية فيها إلى أقل من ١٠٠٠متر في كثير من الحالات، دون أن تتعدى سرعة الريح ٢٥ كيلو متر في الساعة، ومن هذه العواصف أيضاً ما يلازم تيارات الهواء الحار التي تهب حول الانخفاضات الجوية الصحراوية، وتأتي هذه التيارات من قلب الصحاري، وتكون محملة بالرمال والتربة لازدياد سرعتها، وتتوقف درجات تركيز هذه الرمال في مثل هذه التيارات على سرعتها التي قد تصل أحيانا إلى ٧٠ كيلو متراً في الساعة، ومن أمثلة ذلك رياح الخماسين التي تلازم انخفاضات الربيع الصحراوية في مصر.

٢- عواصف حالات عدم الاستقرار - ومن أهم هذه العواصف وأعمها ما تثيره الجبهات الباردة عند مرورها فوق الصحاري.



شكل (٣٧) عاصفة رملية تلازم مرور جبهة باردة على الصحراء الغربية

ويمثل شكل (٣٧) عاصفة رملية لازمت مرور جبهة باردة عبر صحراء مصر الغربية.

وعندما تنشط التيارات الرأسية نتيجة عدم الاستقرار الجوي تتولد عواصف ترابية عنيفة، ومن أمثلة ذلك "الهبوب" المعروف في السودان (شكل ٣٨)، ويساعد على تولد الهبوب طبيعة سطح الأرض ووفرة الرمال والأتربة.



شكل (٣٨) الهبوب على السودان

قياس درجات التركيز وحجوم الحبيبات:

أجريت هذه القياسات لأول مرة في مصر بمعرفة المؤلف وذلك في كلية العلوم بجامعة الإسكندرية بأجهزة خاصة خلال الأعوام ١٩٥١ – ١٩٥٤م وقد قسمت الأجواء المحتوية على غبار وأتربة إلى ثلاثة أنواع هي:–

١– الشبورة الترابية (مدى الرؤية أكبر من ١٠٠٠متر والرياح خفيفة) وفيها متوسط قطر الحبيبة نصف ميكرون ودرجة التركيز بين ١٥٠ إلى ٢٠٠ حبيبة في السنتيمتر المكعب من الهواء.

٢- الرمال المثارة (مدى الرؤية أكبر من ١٠٠٠متر ولكن الرياح فيها شديدة) وفيها متوسط قطر الحبيبة ١,٣ ميكرون ودرجة التركيز بين ٢٥٠ إلى ٣٠٠ حبيبة في السنتيمتر المكعب من الهواء.

٣- عاصفة ترابية (مدى الرؤية أقل من ١٠٠٠متر) وفيها متوسط قطر الحبيبة ٣ ميكرون ودرجة التركيز بين ٤٠٠ إلى ٥٠٠ حبيبة في السنتيمتر المكعب من الهواء.

ومن أهم نتائج هذه الحسابات أن الحبيبة التي قطرها ٢ ميكرون تتساقط بسرعة قدرها ٠,٣٥ سنتيمتر في الثانية، أي ما يعادل ٣٠متر في اليوم الواحد، بينما الحبيبة التي قطرها ١٠٠ ميكرون تكون سرعة سقوطها إلى الأرض ما يقرب من ٦٨ كيلو متر في اليوم، بفرض سكون الهواء، ومنها نرى أن الحبيبات الصغيرة (التي لا تزيد أقطارها على ٣ ميكرون مثلا) يمكنها أن تبقى في الجو مدة طويلة.

الغبار الجوي والإشعاعات الشمسية والأرضية:

وجد بالحساب والدراسة أن الإشعاعات الصادرة من سطح الأرض تكاد لا تتأثر بسحب الرمال والأتربة الممتدة رأسياً قرابة ثلاثة كيلو مترات، أما الإشعاعات الشمسية فإن هذه السحب الترابية تحتجز أغلبها فلا تصل إلى سطح الأرض، ويبرد هذا الأخير تدريجياً، وقد فسرت هذه الظاهرة تكوين العصر الجليدي بعد فترة نشطت فيها البراكين كما سبق.

الغبار الصناعي:

المقصود بالغبار الصناعي ما ينتج من أتربة داخل المناجم والمحاجر ونحوها ولقد قورنت بعض هذه الأتربة الصناعية بأتربة الجو الطبيعية فوجد من أهم الفوارق بينهما أن حبيبات التراب الصناعي ذات أطراف حادة مدببة تستطيع بواسطتها تمزيق الأوعية الدموية الصغيرة في الرئتين، أما حبيبات الأتربة الطبيعية فإنها تكاد تكون مستديرة الأطراف غير مدببة.

تأثير العناصر الجوية على الأجسام البشرية

الجسم كآلة ميكانيكية:

يعتبر الجسم البشري آلة ميكانيكية، غير أنها أكثر تعقيداً نظراً لوجود الجهاز العصبي بها، ذلك الجهاز الذي تبلغ قدرته على العمل أقصاها عندما تكون درجة حرارة الجسم الداخلية ٣٧ درجة مئوية، ومن المعروف أنه إذا ارتفعت درجة الحرارة الداخلية عن هذا القدر بنحو خمس درجات مثلا تحدث الوفاة، أي تتوقف قدرة أجهزة الجسم المختلفة، ومنها الجهاز العصبي عن العمل، وقد وجد بالتجربة أيضاً أن انخفاض الحرارة الداخلية لا يسبب الوفاة السريعة مثل ارتفاعها، فقد هبطت درجة حرارة الجسم لأحد الأفراد إلى ١٨ درجة مئوية فقط ومع ذلك ظل حيًا، غير أن استمرار التعرض للحرارات المنخفضة يتلف بعض الأجهزة فلا تعود إلى عملها.

ومهما يكن من شيء فإن ثبوت درجة حرارة الجسم الداخلي عند ٣٧ درجة مئوية أمر هام جدا لاكتمال الصحة وتوفر النشاط والقدرة على العمل والإنتاج، ولهذا جعل الله للأجسام البشرية مقدرة فائقة للاحتفاظ بهذه الدرجة مهما تغيرت عناصر الجو الذي نعيش فيه، فمن المعروف مثلًا أن درجة حرارة أجسامنا الداخلية في أشد ليالي الشتاء برودة هي نفسها درجة حرارة أجسامنا الداخلية عندما نتعرض لأشعة الشمس

المحرقة في يوم من أشد أيام الصيف حرارة، مع افتراض سلامة هذه الأجسام.

ومن الطبيعي أنه لكي تحتفظ الأجسام بحرارة ثابتة يجب أن يتوفر لها عاملين، العامل الأول هو وجود مصدر دائم للحرارة يمدها باللازم منها كلما انخفضت درجة الحرارة، أما العامل الثاني فهو مصدر دائم للتبريد يسحب الحرارة الزائدة عن الحاجة بقدر معلوم كلما نشطت عمليات تولد الحرارة داخل الجسم، والجهاز الذي ينظم هذه العمليات جميعاً هو الجهاز العصبي، فهو وحده الذي يمكن أن يعمل على حفظ التوازن بينها.

وتكون عمليات هضم الطعام واحتراق الدم في الجهاز التنفسي والقيام بمجهودات عضلية أهم المصادر الدائمة لتولد الحرارة في الأجسام، وتسمى هذه العمليات بطرق (الميتابولزم)، وهي لا تنتهي إلا بانتهاء الحياة، وكلما نشط الجسم الحي كلما ازدادت كميات الحرارة المتولدة فيه.

ويفقد الجسم الحرارة الزائدة ويتخلص منها بعدة طرق، أبسطها انتقال الحرارة من الأعضاء الداخلية إلى سطح الجسم الخارجي المعرض للجو بواسطة الدورة الدموية، فالدم المندفع إلى السطح الخارجي يحمل معه الحرارة المتولدة في داخل الجسم ويعرضها للجو مباشرة عن طريق الجلد، حيث يمكن أن يفقد بالتوصيل الحراري، وينظم الجهاز العصبي كميات الدم المندفع إلى السطح الخارجي، وبالتالي كميات الحرارة

الواجب نقلها من داخل الجسم إلى خارجه، حيث يمكن أن تفقد بطريقة من الطرق مثل التوصيل الحراري وغيرها.

فإذا كان الجو بارداً تتقلص أوردة الدم السطحية وتضيق فيقل ورود الدم إلى السطح الخارجي، وتقل بذلك عمليات نقل الحرارة من داخل الجسم إلى خارجه، وبديهي أن يتبع ذلك انخفاض ظاهر في درجة حرارة الجلد والأطراف، وهذا عين ما يحدث في الشتاء عادة، وهناك درجة حرارة خاصة إذا وصلت إليها الأطراف والجلد باستمرار انخفاض درجة الحرارة بالطريقة السابقة تحدث عندها القشعريرة (الرجفة) ، وما القشعريرة هذه إلا إحدى الوسائل التي يستخدمها الجسم بأمر من الجهاز العصبي ليولد كميات زائدة من الحرارة بواسطة احتكاك العضلات الخارجية وتحركها بشدة وسرعة فائقة ليقاوم برودة الجو.

ويمكن للجسم أيضًا أن يفقد بعض الحرارة الزائدة في داخله بطريق توصيلها إلى الأجزاء الخارجية، كما يمكن للحرارة أن تنتقل إلى الخارج خلال أجزاء الجسم المختلفة بواسطة التوصيل الحراري، بصرف النظر عما يحدث للدورة الدموية، وتنشط هذه العملية عندما تزداد درجة حرارة الجسم الداخلي عن ٣٧ درجة مئوية، ويكون فقد الحرارة بهذه الطريقة عموما أقل في الأجسام البدينة عن الأجسام النحيفة (لأن الدهن من المواد العازلة للحرارة) كما أنه أقل في النساء عن الرجال بسبب ترسب الدهنيات عند النساء أكثر من الرجال، ولهذا السبب نفسه نجد أن النساء يتحملن البرد أكثر من الرجال رغم رقة ملابسهن وخفتها.

أما إذا كان الجو حاراً، أو عند القيام بمجهود عضلي شاق، فإن فقدان الحرارة بعامل التوصيل هذا يضعف كثيراً ويندفع الدم بغزارة إلى السطح الخارجي ليتم التبريد اللازم، ولكن نظراً لارتفاع درجة الحرارة في الجو لا يكفي التبريد بمجرد التوصيل الحراري، بل وقد تنعكس الآية، وهنا تظهر وسيلة أخرى فعالة للتبريد عند السطح الخارجي، وتتم هذه الوسيلة بتدخل غدد إفراز "العرق" ثم تبخره، فإن ترسب العرق على الجلد ثم تبخره (كله أو بعضه) يحدث تبريداً كبيراً وانتعاشاً شاملا بامتصاص الحرارة الكامنة للتبخر.

وتزداد عمليات تولد العرق وتبخره كلما ارتفعت درجة حرارة الجو الخارجي فوق ٢٩ درجة مئوية في حالة الأجسام المغطاة بالملابس وفوق ٣١ درجة مئوية في حالة الأجسام العارية تقريبا، وإذا ارتفعت درجة حرارة الجسم رغم إفراز العرق فوق ٣٧ درجة مئوية فإن معنى ذلك أن عوامل التبريد هذه غير كافية ويلزم عوامل أخرى صناعية كتبريد الهواء نفسه، أو قد يكون السبب المباشر عدم تبخر العرق بسبب رطوبة الجو مع ارتفاع درجة الحرارة، وهنا يهبط اندفاع الدم تدريجياً وتزداد ضربات القلب ثم يعاني القلب مجهوداً شاقًا، حتى إذا ما وصلت الحالة أقصاها أصيب الإنسان "بضربة الشمس" وهنا يقل إفراز العرق فجأة ويتعرض الجسم للموت.

فقد الحرارة من الجلد إلى الجو الخارجي:

تتوقف هذه العملية على درجة حرارة الجسم نفسه وهي تختلف لكل جزء من أجزاء الجسم، فالأطراف مثلا، وخاصة القدمين والكفين تتغير درجات حرارتها تبعاً للجو الخارجي، ومن المعروف أن أقل أجزاء الجسم ثبوتاً في درجة الحرارة الأطراف ثم الرأس، أما أثبتها فهي البطن، ويزداد معدل إفراز العرق بواسطة الغدد العرقية بازدياد درجة حرارة الجو أو أثناء القيام بأعمال عضلية، ويعطي الجدول رقم (١٢) بعض الأمثلة في حالات الجو العادية.

جدول رقم (١٢) كميات العرق التي تفرز تبعاً للمجهودات العضلية في حالات الجو العادية

المجهود	كمية العرق – لتر في الساعة
مجهود عادي أو راحة	30/1إلى ١/١٨
مجهود متوسط	١/٧ إلى ٢/٧
الجري	٢½
لعب الكرة	٩
لعب الكروكت في القاهرة	١٧

والعرق محلول أملاح عديدة منها ملح الطعام وبعض المواد العضوية، واستمرار تولد العرق ثم تبخره يزيل كميات كبيرة من أملاح الأنسجة، ولهذا يحتاج الناس في الأجواء الحارة للمملحات والإكثار من تعاطي ملح الطعام.

ويبلغ "الإنتاج البشري" أقصاه عموما عندما تتساوى كميات الحرارة المتولدة في الجسم مع الحرارة التي تفقد عند السطح الخارجي، وفي حالات الجو العادية في مصر والشرق الأوسط خاصة يشعر الجسم العادي تقريبا بالراحة في درجات من الرطوبة الجوية متوسطها ٥٠% تقريبا إذا كانت درجة حرارة الجو نحو ٣٠ درجة مئوية، بينما يشعر الإنسان المتدثر (المغطى بالملابس) بالراحة إذا ظلت درجة الحرارة تتفاوت بين ٢٧ درجة مئوية ونحو ٢٨ درجة مئوية، حيث يكون متوسط درجة حرارة الجلد نحو ٣٣ درجة مئوية.

وكلما زادت درجة رطوبة الهواء فوق ٥٠% كلما قلت الراحة خصوصًا إذا وصلت الرطوبة النسبية إلى ٨٥% حتى في الأجواء الباردة، وليس معنى ذلك أن الجو الجاف باستمرار أحسن حالا فإن الفترات القصيرة من الجو الجاف تنشط الإنسان ولكن دوام التعرض للأجواء الجافة يجلب الصداع ويقلل القدرة على العمل.

ومن العوامل التي تساعد على التبريد وتبخير العرق سرعة الرياح فالرياح الشديدة من عوامل التبريد عموما وعادة لا يحصل الانتعاش في المناطق الاستوائية لركود الريح، كما أنه في حالات الزمهرير في المناطق الباردة التي يتدثر فيها الإنسان بالأغطية السميكة (مثل سيبيريا) توقف

هذه الأغطية عمليات تبخر العرق ويقل الانتعاش ويصحب قلة الانتعاش عموما ضعف الإنتاج.

وقصارى القول تتوقف قوة تبريد الهواء على حرارته ودرجة رطوبته وسرعة تحركه، ويمكن قياس قوة التبريد هذه بترمومتر خاص اسمه "ترمومتر كاتا" وهو ترمومتر مدرج من ٣٥ إلى ٣٨ درجة مئوية وعند استعماله يغمر في ماء حار حتى يقرأ ٣٨ درجة، ثم يخرج من الماء ويعرض مباشرة للجو فيبرد خزان الترمومتر بتبخير المياه العالقة عليه ويهبط الزئبق تدريجياً، ثم يعين الزمن الذي يستغرق في هبوط الزئبق حتى يصل إلى درجة ٣٥، ويتناسب هذا الزمن عكسيًا مع قوة تبريد الهواء، فإذا قسم معامل خاص بالجهاز عليه يمكن أن نحصل على قوة تبريد الهواء مقدراً بالسعر في الثانية لكل سنتيمتر مربع، ويبين الجدول رقم (١٣) قوة التبريد بالسعر في الثانية لكل سنتيمتر مربع في مختلف حالات الجو.

جدول رقم (١٣) قوة التبريد في الأجواء المختلفة

قوة التبريد (سعر)	نوع الجو
من ٠ إلى ٠,٠٥	حار ولا يحتمل
من ٠,٠٥ إلى ٠,١	يبعث على الخمول والفتور
من ٠,١ إلى ٠,٢	منعش
من ٠,٢ إلى ٠,٣	بارد ومنشط
من ٠,٣ إلى ٠,٤	بارد ولا يحتمل

هذا ومن الضروري أن تزيد قوة التبريد في المصانع على ٠,١ وفي المكاتب على ٠,١٥ ومما يزيد في قوة التبريد عمومًا استعمال المراوح صيفاً.

مجمل الظواهر الجوية في وادي النيل والشرق الأوسط وفكرة التنبؤ بها

التنبؤ الجوي:

من أهم المسائل التي عالجها العلم حديثًا التنبؤ الجوي، أو معرفة ظواهر الجو قبل حدوثها بمدة تختلف من بضع ساعات إلى عدة أيام، وقد تمتد فترة التنبؤ بعنصر من عناصر الجو مثل المطر خلال الموسم بحاله، وقد نجح علماء الأرصاد في ذلك إلى حد بعيد، وكان لهذا النجاح قيمته العملية في أعمال الطيران والملاحة البحرية في السلم والحرب، وفي الزراعة والصناعة ثم لفائدة الجمهور، كما أن له قيمته العلمية في الكشف عن كثير من أسباب التقلبات الجوية، واستنباط قوانين طبيعية من جو الأرض نفسه مما لا يمكن مشاهدته أو دراسته داخل المعامل.

وتنحصر فكرة التنبؤ الجوي في أبسط صورها في أمرين: أولهما معرفة ما سيكون عليه توزيع الضغط الجوي بعد فترة معينة لأن الضغط دائم التغير، وثانيهما معرفة أو تحديد خصائص كتل الهواء التي تلازم التوزيع الجديد في طبقات الجو المختلفة وخاصة عند سطح الأرض، وفي معنى أوضح إذا أريد معرفة الجو غداً مثلًا فإن أول الواجبات أن نتكهن بما سيكون عليه التوزيع العام للضغط الجوي في ذلك اليوم، لأن توزيع الضغط هو المحدد الأول لحركة الهواء، ثم يأتي بعد ذلك ذكر ما

يلازم الكتل الهوائية التي تهب خلال فترة معينة وتفاعلاتها مع بعضها البعض على ارتفاعات مختلفة.

ويجب أن نعمل دائماً حساب المؤثرات العامة في كل موسم، كما يجب أن تكون لدينا فكرة واضحة عن مناخ المنطقة، فمن المعروف أن مما يساعد على نجاح التنبؤات الجوية الخبرة المحلية والمران والتتبع الدائم لظواهر الجو ثم تطبيق علم الأجواء على كل ما نشاهد من ظواهر جوية، ومحاولة تفسير هذه الظواهر على أسس من العلم صحيحة.

وتعتبر أهم المؤثرات العامة التي تتدخل بشكل مباشر في جو الشرق الأوسط ووادي النيل عمومًا التوزيعات الآتية للضغط الجوي.

- انخفاض الهند الموسمي في الصيف.
- انخفاض السودان الموسمي في كل من الربيع والخريف.
- ارتفاع سيبيريا الشتوي.
- الذبذبات الموجبة في كل من الغربيات العليا في حوض البحر المتوسط أو شرقيات السودان العليا، وسيأتي بيانها.

انخفاض الهند الموسمي:

يحتل انخفاض الهند الموسمي جنوب القارة الأسيوية في الصيف ويمتد إلى الحبشة وشمال شرق السودان فتنساق إلى هذه البقاع جميعاً تيارات من الهواء الرطب عبر المحيط الهندي، وتصل إلى اليابس بعد أن

تكون قد عبرت آلاف الكيلو مترات فوق المحيط وتشبعت بأبخرة المياه فتعطي المطر الموسمي.

ويمتد أثر هذا الانخفاض أيضًا إلى مصر وشرق البحر المتوسط غربًا، حيث تصبح الدورة العامة للرياح السطحية أغلبها شمالية (رياح أتيزيان) ، وحيث يستقر الجو في شرق البحر المتوسط لعدم غزوه بالانخفاضات العرضية في هذا الفصل فلا تغزوه إلا بقايا الجبهات الباردة أو الجبهات الملازمة للانخفاضات العرضية التي تغزو شرق أوروبا.

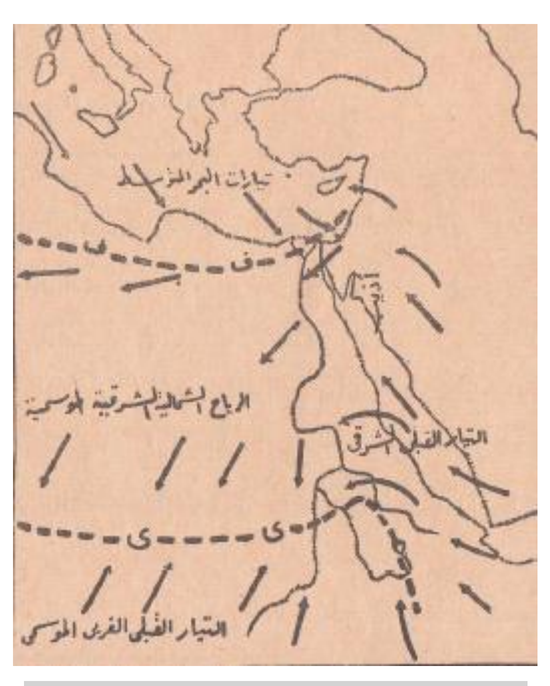
وتوفر هذه الجبهات مع ما يلازمها من هبوط دائم خلال طبقات الهواء العلوي حالات تولد الانقلابات الحرارية العليا وخاصة عندما يستقر الجو تماما في شهري يوليو وأغسطس، وهذه هي أهم ظروف إزدياد رطوبة الجو السفلى وتكوين السحب الطبقية والضباب في الصباح على مصر السفلى عامة والدلتا خاصة، مما يعوق أعمال الطيران أحيانا.

وفي العراق كثيراً ما تثير هذه الرياح الشمالية الرمال والأتربة عندما تشتد سرعتها بنشاط الانخفاض الموسمي، أو بازدياد انحدار الضغط الجوي من العراق صوب مركز الانخفاض من آن لآخر.

انخفاض السودان الموسمي:

أهم صفات هذا الانخفاض أنه مركز لتجمع أهوية مختلفة كما أنه كثير التذبذب أو التحرك، وهو يتبع في ذلك تحركات الشمس الظاهرية وجذب الهضاب له – راجع شكل (١٥) – ومهما يكن من شيء، فإنه يمكن تقسيم حركة هذا الانخفاض إلى نوعين من الذبذبات – الأولى هي تلك الإزاحة العامة التي يعانيها مركز الانخفاض من هضبة البحيرات إلى شمال الهند وإيران ثم عودته بالتالي على مر العام، أما الحركة الثانية فيمثلها سلسلة من الإزاحات أو الذبذبات الصغيرة التي تخرج مركز الانخفاض من آن لآخر صوب الشمال أو الجنوب عن مساره السنوي، ويمكن تتبع هذه الازاحات الصغيرة خاصة في فصلي الربيع والخريف إذ تبدو واضحة جلية في كثير من الأحيان، وأهم المناطق الحساسة لها شمال البحر الأحمر الذي يغطى عادة وفي مثل هذه الأحايين بذراع من الضغط الخفيف الممتد من مركز الانخفاض الموسمي إلى شمال البحر الأحمر.

وأهم علامات ذبذبات الانخفاض صوب الشمال هبوط الضغط الجوي في ذراع الانخفاض الممتد إلى شمال البحر الأحمر وامتداد هذا الذراع إلى شرق البحر المتوسط، مع ظهور تيارات من الهواء الجنوبي الشرقي أو تولدها في تلك البقاع.



شكل (٣٩) تيارات الهواء الرئيسية في وادي النيل

وتعرف هذه الرياح أحياناً باسم "أذيب" وذلك لسخونتها الظاهرة، ويبين شكل (٣٩) تيارات الهواء الرئيسة التي تغزو الشرق الأوسط ووادي النيل وأهم الجبهات التي تفصل هذه التيارات في فصلي الربيع والخريف. وتفصل الجبهة (ف) تيارات البحر المتوسط عن الهواء القاري، وكثيراً ما تتولد على هذه الجبهة الانخفاضات الضحلة الصحراوية، ومنها "انخفاضات الخماسين" التي تكون عميقة ونشطة أحياناً، أما الجبهة (ى) فهي تفصل الرياح التجارية عن تيارات المحيط الهندي أو الأطلسي الممطرة بعد عبورها خط الاستواء وظهورها في صورة رياح موسمية جنوبية إلى جنوبية غربية.

عواصف الرعد في مناطق البحر الأحمر " سيول الصحراء الشرقية وفلسطين وسوريا":

يتميز جو الشرق الأوسط بظاهرتين هامتين أثناء فصلي الانتقال عندما يتركز انخفاض السودان الموسمي على شمال شرق السودان، الأولى هي عواصف الخماسين وما قد يصحبها من إثارة الرمال والأتربة، والثانية هي تولد حالات من عدم الاستقرار الجوي يصحبها في كثير من الأحيان حدوث الرعد والمطر والسيول المحلية.

وعند ابتداء الخريف تهبط سرعة الرياح على الشرق الأوسط عموما وخاصة الرياح الشمالية (إتيزيان) وتصبح في شهر نوفمبر متغيرة تكاد تهب من جميع الاتجاهات، وتتهيأ الظروف لتكون الضباب في الصباح المبكر كما حالات السكون أكثرها على مر العام وعندها يبدأ ظهور التيار الجنوبي الشرقي على مناطق البحر الأحمر من آن لآخر، ويتبع ظهوره تذبذب انخفاض السودان الموسمي صوب الشمال، ويهب هذا التيار في صورة لسان من الهواء الساخن –كما في شكل (٤٠)–



شكل (٤٠) التوزيع المميز لعواصف الرعد في مصر

يندفع رويداً إلى الشمال أو الشمال الغربي حتى يغمر شرق البحر المتوسط، كما يهب إلى شمال وغرب هذا اللسان تيار من الهواء البارد نسبياً من البحر المتوسط، وتظهر الانخفاضات الجوية عند سطح الانفصال بين هذه الكتل الهوائية، ويمثل شكل (٤٠) أهم توزيعات الضغط الجوي (عند السطح) التي يصحبها عواصف الرعد المحلية

وخاصة في منطقة التجمع المحصورة بين الانخفاضين العرضيين المتولدين على سطح الانفصال.

انخفاضات قبرص الجوية (أمطار الشتاء):

المقصود من انخفاضات قبرص الجوية (كما سماها المؤلف) انخفاضات عرضية تتركز قرب جزيرة قبرص أو عليها وتحدث من النشاط ما يثير الجو في جميع أرجاء شرق البحر المتوسط إلى العراق شرقا وإلى السودان جنوبًا، ويتكرر ظهور هذه الانخفاضات خلال الفترة الممتدة من أواخر الخريف إلى أواخر الربيع، ويصحب تكونها حدوث الرياح العاصفة والأنواء والأمطار الشتوية، خصوصاً على البحر وقرب الشواطئ، وتنتشر الرمال المثارة في الداخل، وقد تحدث عواصف الرعد أيضا مع أمواج شديدة من البرد وتبلغ رداءة الجو أقصاها في طور سينا وفلسطين وسوريا، حيث يعم ضباب الجبال عندما تنساب إليها السحب الممطرة ويصبح الجو عامة غير لائق لأعمال الطيران.

وأهم ما يميز انخفاضات قبرص الجوية تلك السلسلة من الجبهات الباردة التي تصحبها، والتي يمكن توقعها على خرائط التنبؤ الجوي وهي تتولد وتنشط نتيجة غزو أمواج من الهواء البارد الآتي من شرق أوروبا أو من روسيا لمنطقة شرق البحر المتوسط خلال أحزمة من الضغط العالي في الشمال، أما في طبقات الجو العليا فإن انخفاض قبرص يبدو كدوامة من الهواء البارد وتكثر الأمطار وتعم كلما انخفضت درجات حرارة الهواء

البارد في طبقات الجو العلوي أو انساب إلى الجنوب، إذ يتبع ذلك أيضاً إزاحة مركز الانخفاض صوب الجنوب.

ويتم ظهور الانخفاض قرب جزيرة قبرص في الشتاء نتيجة عامل أساسي واحد هو اقتراب تيار شمالي قطبي من مؤخرة انخفاض ضحل ثانوي (أو في حالة الامتلاء). والذي يحدد حالة الجو في الشرق الأوسط على الخرائط السطحية هو طبيعة توزيع الضغط الجوي على البلقان وأواسط البحر المتوسط، فهناك توزيعان متباينان للضغط يجب التمييز بينهما وهما:-

١- الضغط المنخفض - لا تتولد انخفاضات قبرص الجوية.

٢- الضغط العالي - وهذه هي الحالة الملائمة لتكون انخفاضات قبرص الجوية، حيث يساعد توزيع الضغط العام على تدفق الهواء من ارتفاع سيبيريا الشتوي إلى مناطق الشرق الأوسط، ويمثل شكل (٤١) هذه الظواهر حيث انخفض الضغط الجوي في مركز الانخفاض الضحل عند قبرص من ١٠١٦ ملليبار في يوم ١٠ يناير عام ١٩٤٣م، إلى ١٠٠٨ ملليبار في يوم ١٢ يناير سنة ١٩٤٣م ، نتيجة غزو كتل من الهواء البارد تدفقت خلال البلقان.



شكل (٤١) تكون إنخفاض قبرص الجوي

الخماسين:

(الرياح التي تنفذ إلى العيون – وموسم الحرائق بقرى مصر)

الخماسين رياح قبلية، ما بين الجنوبية الشرقية والجنوبية الغربية يتكرر هبوبها بتولد أو غزو الانخفاضات الصحراوية لمصر خلال الفترة الممتدة من أواخر الشتاء إلى أوائل الصيف – راجع شكل (٣) – وتتميز هذه الرياح بأنها ساخنة متربة في العادة أو بها ضباب، كما أنها كثيراً ما تنشط فتثير الرمال، وتملأ بها الفضاء إلى العيون وتتراكم في كل مكان ولا يصفو الجو إلا بعد دخول الهواء البارد نسبيا من مناطق البحر المتوسط.

وهذه الصفات المميزة لتلك الرياح هي عينها التي تعرف في مصر باسم "حالات الخماسين" وكثيراً ما يمتد تأثيرها إلى شرق البحر المتوسط، ثم إلى شرق أوروبا، كما حدث مثلا في إبريل عام ١٩٢٨م حين حمل التيار الخماسيني الشديد رمال وادي النيل وصحراواته إلى شواطئ البحر الأسود وأوكرانيا خلال موجة حرارية وجو مقبض عم المناطق الممتدة من وادي النيل جنوبا إلى بحر البلطيق شمالا.

ويعقب الخماسين في مصر عادة مرور موجات من الهواء البارد نسبيا تثير العواصف الرملية التي يتبعها أمطار متقطعة قرب الساحل، ولكنها لا تلبث أن تتلاشى إن عاجلا أو آجلًا أمام ظهور حالة جديدة من الخماسين، وهكذا تغزو البلاد موجات من الحر والبرد تجعل أهم مميزات موسم الربيع في مصر هذه التقلبات الجوية السريعة، فتنتشر الأنفلونزا وأمراض الأنف والحنجرة، كما أن الأتربة والتيارات الخماسينية نفسها تكون محملة بكثير من الكائنات الميكروسكوبية، وأنواع شتى من البكتيريا التي تحملها الرياح إلى ارتفاعات شاهقة تبلغ أحيانًا عدة كيلو مترات وتنقلها إلى مسافات بعيدة من قطر إلى آخر، وقد تدفع هذه التيارات أيضًا بعض آفات الزراعة مثل الجراد الذي ينساق مع التيارات الجنوبية الشرقية التي تغذي انخفاضات الخماسين، وقد تتبع هذا التيار في بعض حالات الخماسين الحادة على مصر فوجد أن مصدره المحيط الهندي، أي أن بعض الهواء الساخن الذي يغزو مصر في مثل هذه الحالات قد يعبر جنوب جزيرة العرب والبحر الأحمر وبعض بلاد الحبشة السودان.

وعادة يحل موسم الحرائق في قرى مصر بدخول الربيع، وظهور حالات الخماسين، ويتسبب عن هذه الحرائق خسائر جسيمة في الأرواح والأموال، ومن المعروف أن أغلب هذه الحرائق سببها التغييرات الفجائية التي تحدث في اتجاه الريح عند دخول الهواء البارد محل الهواء الخماسيني الساخن.

ويكون الجو أثناء موسم الخماسين عرضة للتغيرات العنيفة وبخاصة من حيث الحرارة والرطوبة إذ تبلغ درجة الحرارة أقصاها والرطوبة أدناها (إلى ما يقرب من الجفاف) عند هبوب التيار الخماسيني، ثم تصل درجة الحرارة أدناها والرطوبة أقصاها بدخول الرياح الشمالية الآتية من البحر المتوسط، وعادة ما تكون المدن والمناطق الساحلية أقل جهات مصر تعرضا لمثل هذه التغيرات.

ولا تخلو رياح الخماسين من بعض الفوائد، فإن دودة القطن مثلا لا يلائمها الجو الخماسيني الحار بقدر ما يلائمها الجو البارد الرطب، وتكون خير ظروف محاربتها وإبادتها هي حالات الخماسين.

وفي بعض حالات الخماسين المصحوبة بعواصف الرمال أثناء النهار يسود جو مكفهر غير مألوف، إذ يحمر الأفق فيبدو كالأتون الذي يخيم معه الظلام، كما حدث في القاهرة في ١٠ مارس عام ١٩٤٦م ثم فى الإسكندرية في فبراير عام ١٩٥٥م ، ويلعب تشتت الضوء وامتصاصه خلال طبقات الهواء المتربة المحملة بالرمال دورا هامًا في هذه الظواهر الضوئية، كما أن حبات الرمال تكون محملة بشحنات كهربائية يصاحبها تفريغات وشرارات خافتة تعوق أعمال اللاسلكي.

وتنشأ حالات الخماسين بوجه عام إما نتيجة نشاط انخفاض السودان الموسمي وتحركه صوب الشمال فيغزو التيار الجنوبي الشرقي الحار الذي يلازمه مناطق شرق البحر المتوسط، أو بظهور الانخفاضات الجوية على الصحراء، وأهم مميزات الجو الذي يسبق هذه الحالات هي:

- سرعة هبوط الضغط الجوي.
- ارتفاع درجة الحرارة.
- تكاثر السحب العالية.
- ازدياد سرعة الرياح العليا إلى نحو ٧٠ كيلو متر في الساعة، ويكون اتجاهها من الغرب فوق ارتفاعات تزيد على ٣ كيلو متر من السطح كما تدور الرياح دورة ظاهرة من جنوبية شرقية إلى جنوبية فجنوبية غربية في الطبقات السطحية، وعادة يتميز توزيع الضغط الجوي قبل تولد الانخفاضات المحلية بتركز حزام من الضغط العالي نسبياً على شرق البحر المتوسط أو وسطه مع هبوب تيارات أغلبها شرقية جنوب هذا الحزام.

وبالرجوع إلى شكل (٣٩) يمكن أن يفصل سطح الانفصال (ف) في مثل هذه الحالات بين نوعين من الكتل الهوائية التي تختلف درجة الحرارة قرب سطح الأرض فيها اختلافا كبيراً، يربو على ١٥ درجة مئوية أثناء النهار في كثير من الحالات، وتتكون الانخفاضات الصحراوية على هذا السطح تحت هذه الظروف وتتوقف حدة الانخفاضات على فروق

درجات الحرارة، ذلك لأن عمليات التكاثف محدودة لقلة أبخرة المياه عمومًا.

فيضان النيل (مصدره المحيط الهندي):

يفيض النيل نتيجة الأمطار الموسمية على السودان والحبشة كل عام وبغض النظر عن غزارة أو قلة هذه الأمطار من موسم لآخر، فهي ينبوع الحياة في وادي النيل، ومصدر الماء العذب الذي يجري في الترع والقنوات كما يجري الأمل، ولقد روي لنا التاريخ قصصًا عن مآسي وأهوال من غدر النيل في حالتي الشح والطغيان، وقد حاول قدماء المصريين منذ القدم معالجة المجاعات والكوارث التي كانت تلازم انخفاض الفيضان، كما حاولوا تجنب أخطار الفيضانات العالية، والمعروف أن الفيضان يرجع إلى أمطار فياضة تتساقط خلال الصيف فوق جبال الحبشة والسودان، ثم تتجمع وتنحدر في روافد النهر إلى النيل نفسه حتى تصل إلى البحر المتوسط، ويمكن أن يعد تصرف رافدي الحبشة، وهما النيل الأزرق ونهر العطبرة مقياساً لأمطار الفيضان على وجه التقريب وقد يرتفع هذا التصرف إلى نحو ١٠٠ ألف مليون متر مكعب في الموسم وقد يهبط إلى نحو ٣٥ ألف مليون متر مكعب فقط، مما يدل على أن العوامل الجوية التي تسبب أمطار الفيضان عرضة لمؤثرات عنيفة.

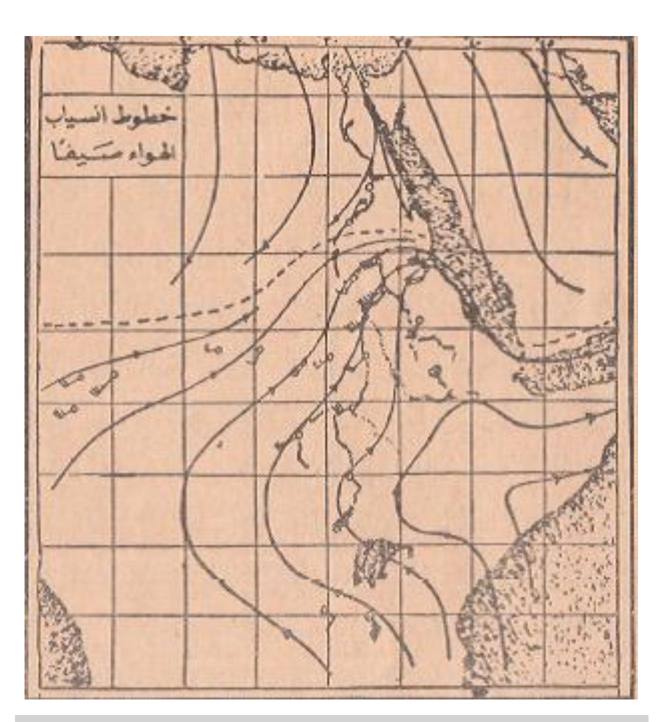
وتجري روافد الحبشة التي تأتي بالفيضان في شرق الوادي وعلى كثب منها البحر الأحمر، وفي شمالها النائي البحر الأبيض المتوسط،

في جنوبها المحيط الهندي وفي غربها البعيد المحيط الأطلسي وهي جميعاً مصادر مائية يمكن أن تمد الهواء ببخار الماء اللازم للمطر، أما أي المصادر هو الذي يجود علينا بمعظم تلك الكأس اللذيذة "كأس مياه النيل" فسؤال ظل يتوارد على الأذهان منذ اكتشاف منابع النيل.

وقد سبق أن عزا السير ليونيس (مدير المتحف العلمي البريطاني سابقاً) هطول هذه الأمطار إلى بخار الماء الذي تجلبه الرياح الموسمية الجنوبية الشرقية التي تهب من جنوب المحيط الهندي إلى إفريقيا عند خط الاستواء، وتتوغل داخل القارة الإفريقية (مندفعة بمراكز التجمع في الانخفاض الموسمي الممتد من الهند إلى الحبشة) صوب الشمال حتى تصل إلى الحبشة في صورة رياح جنوبية أو جنوبية غربية، ذلك لأن الرياح الجنوبية الشرقية تتحول إلى جنوبية غربية عند عبورها خط الاستواء، ثم جاء بعده كريج (وكان مديراً لإدارة الظواهر الجوية في مصر) فوصف نظرية ليونس هذه بالخطأ وقال إن الأمطار الموسمية إنما تتسبب عن الرياح الجنوبية الغربية التي تهب من المحيط الأطلسي على الكنغو ثم تسير قدما إلى الحبشة، ولقد عزز كريج رأيه هذا بأدلة معظمها مما يرصد على سطح الأرض، ووافق على هذا الرأي كثيرون من فطاحل علم الأجواء مثل السير نابيرشو والسير جلبروت ووكر وغيرهما.

وما أن نشبت الحرب العالمية الأخيرة، وازداد الاهتمام بعلم الأجواء ورصدت طبقات الجو العليا في تلك المناطق الاستوائية التي يأتي منها النيل، حتى أصبح حل هذه المسألة ليس بمجرد رأي تدعمه بعض الظواهر وإنما هو خلاصة المشاهدة والواقع من أرصاد طبقات

الجو العلوي كما وضعها المؤلف في شكل (٤٢) الذي يبين منحنيات الهواء صيفا.



شكل (٤٢) منحنيات إنسياب الهواء على السودان في الصيف

وبالرجوع إلى هذا الشكل يمكن – بصفة عامة – التمييز بين التيارات الشمالية التي تهب من البحر المتوسط إلى شمال السودان وتتوغل إلى جنوب بلاد العرب، وهي رياح جافة غير ممطرة، وبين التيارات الجنوبية الرطبة التي تأتي من المحيطين الهندي والأطلسي، ويفصل هذه التيارات سطح انفصال أو جبهة هي في الواقع حزام تتجمع فيه الأهوية المختلفة كما هو ممثل بالخط المنقوط.

وتعطي المنحنيات التي في شكل (٤٢) خطوط انسياب الهواء المرصود فعلا على بعد كيلو متر من السطح في حالة المطر الموسمي الغزير الذي يمتد إلى شمال السودان، ويرى بجلاء ووضوح أن المحيط الهندي هو المصدر الرئيس لماء الفيضان، ذلك لأن الهواء الحامل لأبخرة المياه إنما ينساب منه أصلًا في صورة تيار جنوبي شرقي لا يلبث أن يتحول إلى جنوبي غربي أو جنوبي بعد عبوره خط الاستواء.

وهناك نقطة أخرى من الأهمية بمكان، وهي أن أغلب حالات المطر الغزير الذي يعم مناطق واسعة إنما يتسبب عن تدفق ألسنة من الهواء العلوي البارد في صورة أمواج أو أحواض في الشرقيات العليا تمتد شمالًا إلى شمال السودان والحبشة ويصحبها تولد حالات من عدم الاستقرار الجوي، وتأتي هذه الألسنة أو الأحواض في الهواء العلوي مندفعة من مناطق المحيط الهندي أيضًا أي أن هذا المحيط هو المصدر الحقيقي لبخار الماء في الطبقات السطحية، ثم لأحواض الهواء البارد في الشرقيات العليا التي تسبب عدم الاستقرار وعواصف الرعد والمطر الغزير على نطاق واسع.

وتحدث العواصف المحلية أيضاً عندما تزداد الرطوبة ازدياداً ظاهراً خلال طبقات سميكة من التيار الموسمي، ذلك لأن ازدياد أبخرة المياه يساعد على نشاط تيارات الحمل أثناء النهار وتولد العواصف المحلية. وتتغير كميات الرطوبة في التيارات الجنوبية تغيراً كبيراً بتغير الزمان والمكان، وقد يكون السبب في ازديادها أحياناً نشاط عواصف الرعد

قرب خط الاستواء، وما يتبع ذلك من تشبع الطبقات السطحية للهواء بأبخرة المياه.

ومن المشاهد أن طاقة اندفاع الأحواض التي تظهر في الشرقيات العليا (أو طاقة توغلها) صوب الشمال تختلف من عام لآخر ومن حالة لأخرى، وهي لا تصل مناطق شمال السودان إلا مرة واحدة أو مرتين في العام، أما إذا لم تصل هذه الأحواض مطلقاً إلى شمال السودان فإن المطر الموسمي يكون شحيحاً ويعم الجفاف.

ومن المشاهد أيضا أنه عندما يقوى التيار الشمالي ويدفع بالتيارات الجنوبية إلى المناطق الاستوائية يعم الجفاف الموسمي في السودان والحبشة، بينما يكون الجو لطيفاً نوعا ما في شمال الوادي، لأن شدة الهواء في الصيف من شأنها أن تخفف من حدة الحرارة إذ يساعد الهواء على تبخير العرق، أما إذا اشتدت التيارات الجنوبية فإن ذلك يدل على ضعف هبوب التيار الشمالي وتنتشر موجات الحر في شمال الوادي.

الهبوب:

يطلق على عواصف الرمال في السودان اسم "الهبوب" وهي معروفة خاصة في المناطق الصحراوية لشمال السودان وأهم مسبباتها في الصيف الجبهات الباردة التي تأتي من الجنوب، وتتكون هذه الجبهات بعواصف الرعد، فعواصف الرعد من أهم الدعائم التي تكون الهواء البارد

نسبياً في تلك البقاع، أما في الشتاء فالهبوب يصحب الجبهات الباردة الآتية من الشمال والتي ترسلها انخفاضات قبرص الجوية الضعيفة.

ويتسبب الهبوب أيضاً من تولد حالات عدم الاستقرار التي تصحب تكون الانخفاضات في الهواء العلوي في الاعتدالين ويتعرض شمال السودان والوديان الجافة لهذه الحالات، وتعمل التيارات الرأسية على إثارة الرمال بوفرة فتبدو كالسحب المعتمة التي يخيم معها الظلام، وتتحرك هذه العواصف مع تيار الهواء العام الذي تتولد فيه.

علم الأجواء والإنتاج الزراعي (الجو المحلي):

لكل من الطقس والمناخ تأثيره الخاص على الكائنات الحية ومنها النبات والحشرات المسببة لأمراض النبات. وأهم عوامل الطقس أو المناخ التي تؤثر على النبات عموما هي درجة الحرارة ودرجة الرطوبة والإشعاع الشمسي، ثم مدى تغيرهما ومدى استمرار موجات الحر أو البرد وتؤثر هذه العوامل أيضاً على التربة وما فوقها.

والمناخ هو العامل الأساسي الذي يتوقف عليه توزيع عالم النبات على سطح الأرض، فهناك بون شاسع بين الثلج الدائم الذي يغطي مناطق القطبين، والأرض الخضراء المستهدفة لهبوب الرياح الغربية التي تسود المناطق المعتدلة، والأرض الجرداء المعروفة بصحاري الرياح التجارية والغابات الكثيفة والأدغال الاستوائية التي تسببها حرارة وأمطار المناطق الحارة المستديمة.

ومناخ الإقليم هو الذي يحدد طبيعة حاصلاته الزراعية ولهذا التحديد اتصال وثيق بنظام الصناعات القائمة فيه، وبالتالي في حالة أهل هذا الإقليم وحياتهم الاجتماعية والصحية والنشاط الفكري.

أما الطقس فيرجع إليه نجاح المحاصيل ونموها أو العكس فلا يغرب عن البال أن النبات يبذر ثم يراعى بعد ذلك أثناء إنباته ونموه

ويحصد بعد ذلك، وجميع هذه العمليات قد يعوقها الطقس غير الملائم فقد يسبب يوم عاصف أو مطير إتلاف المحصول في أي مرحلة من مراحله، ففي مصر مثلًا يسبب هبوب الرياح الشديدة اقتلاع النباتات النامية كالذرة أو القمح عقب الري الذي قد ينتج عنه خسائر فادحة كما يحدث في مزارع الموز، ومن المعروف مثلا أن موجات البرد الشديد التي تعقب وضع البذور في التربة قد تسبب تلفها وعدم نموها كما أن للبرد الشديد أو الصقيع تأثير سيء على المحاصيل النامية، إذ إن انخفاض درجة الحرارة تؤدي إلى تجمد السوائل الموجودة داخل الخلية وزيادة حجمها مما يسبب انفجارها أو فقد البروتوبلازم لصفاته الحية.

وأهم واجبات الفلاح المحنك أن يستعين قدر المستطاع بما يصادفه من أيام طقسها ملائم أو حسن بينما يحاول الإقلال من أضرار الأيام ذات الطقس الرديء، فمثلًا يمتنع عن الري أثناء الرياح الشديدة ويغطي محاصيله بالأحطاب أو يطلق دخاناً في اتجاه الريح ينتشر ويغطي المزارع مكونًا طبقة عازلة تحمي النبات من البرد والصقيع، وخاصة في مناطق تكون الصقيع في مصر – راجع بند الصقيع.

ويؤدي وجود محاصيل خاصة في مساحات معينة إلى خلق جو محلي يكون من طبيعته المساعدة على انتشار أنواع معينة من الكائنات الحشرية والفطرية التي تصيب النبات ويطلق على هذا الجو الخاص اسم (الجو الوحلي) وهو جدير بالدراسة في مصر لما في ذلك من أهمية اقتصادية زراعية في تتبع دورات بعض الطفيليات.

ومن المعروف أن كلًا من التربة والحبة التي يراد بذرها تحمل معها آثار الأجواء الماضية، فالتربة تأثرت بالأمطار أو الفيضانات والأجواء المختلفة التي تعاقبت عليها في العصور المختلفة، أما الحبة فتحمل في تركيبها الوراثي ما تعاقب على سلالاتها من الأجواء وخاصة جو الماضي القريب من تاريخ إنتاجها، والحبة إنتاج نبات في عام سابق فهي تحمل ولا شك آثار جو ذلك العام، أما التربة فغالباً ما يكون تأثرها بجو آخر فصل من فصول السنة، كما أن نمو الملايين من الأحياء الأرضية المعروفة بفوائدها في تحسين خواص التربة الزراعية مرتبط بتأثيرات عوامل الجو.

ولقد فطنت الأمم المتحضرة إلى أهمية العوامل الجوية لإنتاج محاصيل ممتازة من حيث النوع والكم فأقامت مكاتب الأرصاد الجوية التي تقوم بعمل نشرات وتنبؤات جوية مختلفة منها ما يهم الزراعة بالذات. فمثلا في كندا يقومون بالتنبؤات الجوية عن الصقيع الذي يسبب تلف آلاف الأفدنة من القمح، ويعالج الصقيع هناك بطريقة التدخين السالفة الذكر.

وتصدر نشرات مستمرة توضح حالة الجو وترشد المزارعين إلى أنسب الأوقات لأي عملية خاصة فبذر البذر والري والحصاد ومحاربة آفات النبات كلها تتم في مواعيد خاصة يحبذها رجال الرصد الجوي حتى لا تحارب الطبيعة الفلاح بل يتخذ منها عونا له، وفي مصر يجب اتباع نفس هذه النظم في جميع العمليات الزراعية وحتى في مقاومة الآفات، فمثلًا عند مقاومة دودة القطن بمكن تخير موجات الحر أيام

الخماسين لأن هذه الموجات تساعد على قتل الحشرة فيكون تخيرها بمثابة عامل مساعد على قتلها.

وتذيع مصلحة الأرصاد نشرة يومية عن الطقس ولكن مثل هذه النشرات تكاد تكون مقتضبة وعامة ولا يمكن اعتبارها ذات فائدة مباشرة للفلاح الذي يهمه أيضاً معرفة عناصر جوية معينة، ويهمه النصح والإرشاد في العمليات الزراعية المختلفة، فمثلًا من المستحسن تحديد أنسب المواقيت الزراعية بالنسبة للمناطق المختلفة.

وتصدر أيضاً المصلحة المذكورة خرائط جوية يومية ترسم فيها توزيع الضغط الجوي اليومي وتبين عليها حالة الرياح والسماء ومقدار الأمطار، وقد تكون هذه الخرائط وافية للمزارعين إذا تفهموها ولكن تضيع للأسف فائدة هذه الخرائط بسبب عدم المقدرة على فهمها.

ويحسن بنا أن نبين أن من اعتاد استغلال هذه الخرائط يستطيع أن يلخص لنفسه منها عوامل الجو التي يريد الوقوف عليها لمدة ٢٤ ساعة، مما يفيده في رسم سياسته الخاصة بمزرعته ولكن يكون من الأكثر فائدة والأكثر نفعًا أن يقوم أخصائيون في مصلحة الأرصاد بهذا العمل بينما يستطيع المزارعون الاستفهام عما يريدون ولو بالتليفون، ويمكن إذاعة ما يسمى بالتحذير الجوي والمقصود منه تبيان حالات الجو الضار بالزراعة قبل حدوثها، حتى يفطن إليها المزارعون ويستعدون لها فلا تسبب لمحاصيلهم أضراراً.

علم الأجواء والطيران:

يلخص ما يهتم به الطيار في وجهتين مختلفتين، الأولى أن يزود بوصف تفصيلي لطبيعة الجو السائد على طول الطريق أو فوق المساحة الأرضية التي يريد عبورها، وخاصة في المكان الذي سيحلق حوله أو يهبط فيه. والثانية أن يشرح له جميع التغيرات التي ستطرأ على ما يهمه من حالات الجو الفعلية، وأن تبين له المناطق التي سيجابه فيها الاضطرابات الجوية مع خط سيرها وكيفية ملافاتها إن أمكن، وذلك في مدة تتراوح بين عدة ساعات و ٢٤ ساعة، وفي بعض الأحوال تزيد المدة عن ذلك كثيراً، وتتضمن هذه العملية ما يسمى "التنبؤ الجوي".

ويمكن تلخيص المقصود من وصف طبيعة الجو الذي تبينه التقارير أو التنبؤات الجوية فيما يأتي:

١- سرعة الرياح واتجاهها فوق سطح الأرض وفي طبقات الجو العليا، وهذه تدخل في توجيه الطائرة في الجو وعند الهبوط حتى لا يزيحها الهواء عن خط سيرها، وبديهي أن حركة الطائرة بالنسبة إلى الأرض تعين بالمحصلة بين سرعتها واتجاهها في الجو وسرعة الهواء الذي تطير فيه واتجاهه.

٢- كميات السحب وأنواعها وارتفاع قواعدها عن سطح الأرض، وخاصة ما كان منها منخفضاً قد يحجب المرتفعات أو المباني العالية، وقد يصل ارتفاع قاعدة السحاب المنخفض إلى بضعة أمتار من الأرض فلا يستطيع الطيار رؤية الأفق والتحقق من موضعه، ومن أمثلة ذلك

سحب الصباح المبكر في الصيف ثم السحب الممطرة التي تنساب في الشتاء من البحر المتوسط قرب الشواطئ، وخاصة في فلسطين وسوريا وطور سينا.

٣- المطر الغزير وعواصف الرعد، خصوصًا التفريغات الكهربائية وما يصحبها من تيارات رأسية قد تفقد الطائرة توازنها.

٤- الرؤية، وحالات الرؤية الرديئة هي أشد الأجواء خطراً، فقد ترتطم الطائرة بالأرض أو المرتفعات وخاصة عند هبوطها، ومن أجل ذلك اخترع الطيران الأعمى وهو الذي توجه فيه الطائرات باستخدام الرادار وتكون الرؤية رديئة في حالات الضباب والشبورة أو عواصف الرمال أو المطر الغزير.

٥- تراكم الثلوج على الطائرة، والارتفاعات التي تتزايد أو تتناقص فيها هذه الظاهرة.

٦- اختيار أكثر الارتفاعات ملاءمة للطيار أثناء رحلته، كأن تختار مثلا طبقات الهواء التي تتحرك في اتجاه خط سيره ليزيد ذلك من سرعة الطيران بالنسبة للأرض، أو تختار الطبقة التي تقل فيها تيارات الصعود والهبوط، أو تختار طبقات الجو العليا الصالحة للطائرات النفاثة وهكذا..

الأرصاد الجوية في خدمة الجيش:

يلعب علم الأجواء دوراً هاما في خدمة الجيش إبان السلم والحرب وخاصة في سلاحي الطيران والبحرية ثم في سلاح المدفعية في تسديد مدى القذائف النارية، وتخير أحسن الظروف الملائمة للعمليات الحربية المختلفة. ولهذا فإن الأرصاد في أي دولة تصبح سراً من أسرارها إبان الحرب، ومن الأمثلة التاريخية التي استخدمت فيها الظروف الجوية ما يأتي:-

١- فر نابليون من بين يدي الأميرال نلسون الإنجليزي تحت ستار من الضباب الذي كان يغطي شرق البحر المتوسط.

٢- اختار الألمان أثناء هجومهم على بولندا في الحرب الأخيرة نحو عشرة أيام لا مطر فيها ولا اضطرابات جوية لانجاز عملياتهم الحربية بأسرع ما يمكن تحت ظروف جوية ملائمة.

٣- لما أراد قمبيز ملك الفرس فتح سيوه، وكانت عامرة في ذلك الحين، ثارت رياح الخماسين المعروفة عليه وعلى جيشه أياما متوالية وهم في قلب الصحراء الغربية فأهلكتهم.

٤- عند ما أراد نابليون غزو روسيا استشار لابلاس العالم الطبيعي فأخطأ هذا في اختيار موعد الغزو وكان هذا الخطأ كافياً لأن تفني الطبيعة والزمهرير جيش فرنسا في روسيا.

وعلى العموم فبالإضافة إلى التنبؤات والتقارير الجوية التي تهم سائر الوحدات الحربية تستخدم الأرصاد الجوية في عمليات حساب مدى

القذائف النارية، وتحديد أنسب الفترات للقيام بالأعمال الحربية في الجبهات المختلفة وإذاعة التحذيرات الجوية ونحوها.

ويحتاج السلاح البحري بالإضافة إلى ذلك إلى تقارير وثيقة عن الأمواج البحرية وشدتها والأنواء ومدى الرؤية والأعاصير المحلية، ولهذا فقد جرت سائر الدول على أن يكون للسلاح البحري فيها مراكز أبحاث خاصة بهذا العلم ومراكز للتنبؤ الجوي تهتم بهذه العناصر، ثم بعناصر الجو العلوي خاصة والطبقات المتأينة التي تفيد في أعمال اللاسلكي، وعلى العموم فإن السلاح البحري في كثير من الأمم المتحضرة مثل الولايات المتحدة يقوم عادة بأعمال واسعة النطاق وبحوث هامة في أعمال الرصد عموماً، وفي استكشاف أجواء الأجزاء النائية والقطبية والأجواء العليا.

الفهرس

إشعاعات الأرض وغلافها الجوي

النشاط الجوي ومصادره

حالات الاستقرار وعدم الاستقرار في الجو

بخار الماء في الجو

التكاثف

صور التكاثف

المطر الصناعي

تغيرات الجو أو الدورات المحلية

عواصف الرعد

الغبار الجوي

تأثير العناصر الجوية على الأجسام البشرية

مجمل الظواهر الجوية في وادي النيل والشرق الأوسط وفكرة التنبؤ بها

علم الأجواء في خدمة البلاد والجيش